

UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

INSTITUTO SUPERIOR DE ECONOMIA E GESTÃO

MESTRADO EM: ECONOMIA, POLÍTICA DA ENERGIA E DO AMBIENTE

VALORIZAÇÃO DA BIOMASSA FLORESTAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL: PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEIS DENSIFICADOS -BRIQUETES E PELETES- E SUA UTILIZAÇÃO NO AQUECIMENTO DOMÉSTICO

MARIA BÁRBARA ROMÃOZINHO LOPES DIAS

ORIENTAÇÃO: PROF. DOUTOR ÁLVARO MARTINS

CONSTITUIÇÃO DO JURI:

PRESIDENTE: - Doutor Álvaro Gonçalves Martins Monteiro, Professor Catedrático do Instituto Superior de Economia e Gestão da Universidade Técnica de Lisboa

VOGAIS: - Doutor José Ramos Pires Manso, Professor Catedrático da Universidade da Beira Interior

- Doutor Manuel Francisco Pacheco Coelho, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Economia e Gestão da Universidade Técnica de Lisboa

NOVEMBRO / 2004

UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

INSTITUTO SUPERIOR DE ECONOMIA E GESTÃO

MESTRADO EM: ECONOMIA, POLÍTICA DA ENERGIA E DO AMBIENTE

VALORIZAÇÃO DA BIOMASSA FLORESTAL COMO FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL: PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEIS DENSIFICADOS -BRIQUETES E PELETES- E SUA UTILIZAÇÃO NO AQUECIMENTO DOMÉSTICO

MARIA BÁRBARA ROMÃOZINHO LOPES DIAS

ORIENTAÇÃO: PROF. DOUTOR ÁLVARO MARTINS

CONSTITUIÇÃO DO JURI:

PRESIDENTE: - Doutor Álvaro Gonçalves Martins Monteiro, Professor Catedrático do Instituto Superior de Economia e Gestão da Universidade Técnica de Lisboa

VOGAIS: - Doutor José Ramos Pires Manso, Professor Catedrático da Universidade da Beira Interior

- Doutor Manuel Francisco Pacheco Coelho, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Economia e Gestão da Universidade Técnica de Lisboa

NOVEMBRO / 2004



Agradecimentos

A realização de uma tese de mestrado é um trabalho que conta com a perseverança e o empenho de quem o realiza, no entanto são necessários uma série de gestos e situações que permitem que a motivação para a sua elaboração se mantenha até ao seu término. Deste modo, quero agradecer o apoio de todos os que permitiram a sua realização.

Expresso o meu agradecimento ao Senhor Professor Doutor Álvaro Martins pela sua orientação, inestimável e pronta ajuda, pelas sugestões e críticas, que permitiram a elaboração do presente trabalho.

Tratando-se esta tese de mestrado de um trabalho que teve por base uma recolha de informação e de dados junto de especialistas e técnicos, queria também agradecer a valiosa colaboração de todos para a sua realização.

Agradeço ainda aos meus dirigentes, colegas de trabalho e amigos que me deram o seu apoio.

Uma menção final de agradecimento para o precioso apoio e suporte que me foi dado pela minha família, em especial, pelo meu marido, Alberto, e pelo meu pai, António Manuel, ao longo da realização deste trabalho.

Resumo

A promoção das energias renováveis é aceite ao nível da União Europeia como uma alternativa à dependência energética de energias tradicionais, como sejam o petróleo, os combustíveis fósseis e o gás natural. Contudo, continuam a verificar-se constrangimentos ao seu crescimento.

Esta tese de mestrado propõe-se analisar a aposta na biomassa florestal como fonte de energia renovável e, neste contexto, dar um contributo para o estudo da valorização da biomassa florestal, considerando, em particular, a produção de combustíveis densificados - peletes e briquetes - e a sua utilização no aquecimento doméstico.

O trabalho encontra-se dividido em 4 partes:

Parte I – Aposta na Biomassa como Fonte de Energia Renovável

Parte II – Avaliação do consumo energético de resíduos de biomassa florestal e da indústria transformadora da madeira

Parte III– Produção e aproveitamento energético de combustíveis lenhosos e compactados – peletes e briquetes – no aquecimento doméstico

Parte IV– Produção e aproveitamento de briquetes e peletes no aquecimento doméstico em Portugal

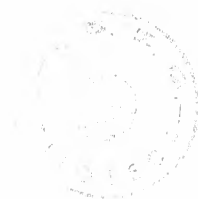
A Parte I inclui uma caracterização do contexto nacional e europeu, da situação física e social do país, da quantificação de resíduos de biomassa florestal e da indústria transformadora da madeira, da sua valorização e factores condicionantes e, por último, das respectivas tecnologias disponíveis.

A Parte II compreende uma avaliação do consumo energético dos resíduos de biomassa.

Na Parte III, é apresentada uma caracterização dos combustíveis densificados, peletes e briquetes, de tecnologias e de experiências noutros Estados Membros no âmbito da sua valorização energética no aquecimento doméstico

Por último, na Parte IV, efectua-se uma avaliação da situação nacional, com a identificação de constrangimentos e de possíveis factores positivos inerentes ao desenvolvimento deste aproveitamento.

Índice



1. Introdução.....	5
2. Aposta na biomassa florestal como energia renovável.....	7
2.1. Contexto Europeu.....	7
2.2. Situação Nacional.....	10
2.2.1. Orientações e políticas em matéria de biomassa.....	10
2.2.1. A biomassa no âmbito do balanço energético nacional.....	13
2.3. Breve caracterização física e social do País.....	16
2.3.1. Área, Clima, Orografia, geologia, hidrografia e fitoclimatologia.....	16
2.3.1.1. Região Norte.....	16
2.3.1.2. Região Centro.....	17
2.3.1.3. Região de Lisboa e Vale do Tejo.....	19
2.3.1.4. Região do Alentejo.....	19
2.3.1.5. Região do Algarve.....	20
2.3.2. Aspectos sócio-económicos.....	21
2.3.2.1. População Residente.....	21
2.3.2.2. Sector Agrário: número e área das explorações.....	22
2.3.3. Incêndios florestais.....	24
2.4. Quantificação de resíduos de biomassa florestal.....	25
2.4.1. Ocupação florestal.....	25
2.4.2. Resíduos disponíveis.....	27
2.5. Quantificação de resíduos de biomassa florestal da Indústria Transformadora da Madeira.....	30
2.5.1. Caracterização da actividade da indústria de transformação da madeira e mobiliário.....	30
2.5.2. Quantificação da Matéria-Prima consumida.....	31
2.5.3. Quantificação dos resíduos da indústria transformadora da madeira.....	32
2.5.4. Utilizações de Resíduos da indústria da transformação da madeira.....	35

2.6. Caracterização da biomassa florestal residual e factores condicionantes da sua valorização.....	37
2.7. Tecnologias disponíveis para valorização de biomassa florestal residual.....	45
<i>3. Avaliação do consumo energético de resíduos de biomassa florestal e da Indústria Transformadora da Madeira.....</i>	<i>52</i>
<i>4. Produção e aproveitamento energético de combustíveis lenhosos e compactados (peletes e briquetes) no aquecimento doméstico.....</i>	<i>54</i>
4.1. Caracterização da situação.....	54
4.1.1. Caracterização de combustíveis lenhosos e compactados.....	54
4.1.2. Factores condicionantes do uso de combustíveis compactados – peletes e briquetes.....	61
4.1.3. Tecnologia disponível.....	64
4.1.4 Mercado de aproveitamento de peletes e briquetes no sector doméstico.....	77
4.2. Análise do mercado de peletes em vários Estados –Membros e sua utilização no aquecimento doméstico	78
4.3. <i>Benchmarking</i> do aquecimento a baixa temperatura em países europeus....	96
<i>5. Produção e aproveitamento de briquetes e peletes no aquecimento doméstico em Portugal.....</i>	<i>97</i>
5.1. Estudo de caso de aquecimento aplicado ao sector doméstico	98
5.2. Fábrica de Peletes no Alentejo – Projecto em estudo	100
5.3. Factores determinantes para o desenvolvimento do aproveitamento de peletes e briquetes no aquecimento doméstico.....	100
<i>6. Conclusões.....</i>	<i>106</i>
<i>7. Bibliografia.....</i>	<i>108</i>



O mercado doméstico e serviços para utilização dos resíduos, eventualmente transformados em briquetes, directamente para aplicações térmicas, são os mais interessantes, em paralelo com a actual utilização que se faz a nível industrial.

(Fonte: "Energias Renováveis, A Opção Inadiável", Manuel Collares Pereira 1998).

1. Introdução

A biomassa é um recurso de vasta distribuição que inclui, para além da biomassa lenhosa e dos resíduos da indústria da madeira, as culturas energéticas, os resíduos agrícolas e efluentes agro-alimentares, os estrumes e a fracção orgânica dos resíduos sólidos urbanos, os resíduos domésticos triados e as lamas de ETAR's. A energia da biomassa é versátil, uma vez que pode ser utilizada para produzir electricidade, calor ou como combustível para transportes.

Neste contexto, será apenas considerada a definição de biomassa num âmbito mais restrito, como biomassa florestal residual e proveniente da indústria de transformação da madeira (ITM).

No presente trabalho, pretende-se analisar a aposta na biomassa florestal como fonte de energia renovável, tendo em consideração as políticas desenvolvidas ao nível da Comunidade Europeia, nomeadamente com a publicação da Directiva nº 2001/77/CE relativa à promoção da produção de electricidade a partir de fontes de energia renováveis, que estabelece uma meta global para a União Europeia e uma específica para Portugal, de 39% de electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis no consumo bruto de electricidade em 2010. A nível nacional, deverá ser analisada a política desenvolvida tendo em consideração a aposta colocada a nível europeu no que respeita à promoção das energias renováveis e da biomassa em particular.

Neste contexto, pretende-se efectuar uma análise do recurso biomassa florestal residual e resíduos das indústrias transformadoras da madeira a nível nacional, no que respeita ao seu quantitativo, tecnologias e outros factores que possam influenciar a valorização deste recurso.

Tendo em consideração a existência de um potencial para desenvolvimento da produção de combustíveis compactados, briquetes e peletes, considera-se que deverá ser detalhada a caracterização da sua situação em termos de mercado, no que respeita aos vários factores que podem influenciar o seu desenvolvimento e de que forma podem ser identificados possíveis catalizadores deste aproveitamento.

Tendo em consideração que existe uma percepção de que a utilização de peletes e briquetes poderá ter um potencial para utilização no mercado doméstico e de serviços, bem como a nível industrial, considerou-se que neste âmbito poderia ser interessante uma análise mais pormenorizada da utilização de peletes e briquetes a nível do aquecimento doméstico, uma vez que a nível nacional existe uma forte tradição do uso de lenhas no aquecimento doméstico, que resulta em grande medida de Portugal ser um país com uma ocupação florestal que corresponde a cerca de 38% do território continental.

Nesta sequência, deverá ser analisada a situação de mercado existente noutros países, nomeadamente em Estados-Membros onde esta mesma prática se encontra já muito disseminada e com bons resultados conseguidos, que podem constituir exemplos muito enriquecedores, permitindo a identificação de factores decisivos no desenvolvimento deste mercado.

Acresce referir que se procurará analisar a situação nacional deste mercado, procurando conhecer o trabalho desenvolvido, quer em termos de produção de combustíveis compactados (peletes e briquetes), quer em termos da sua utilização no aquecimento doméstico, identificando factores positivos e negativos que se verifiquem, mas procurando de igual forma apontar medidas para ultrapassar os constrangimentos.

Em última análise, neste trabalho é pretendido de alguma forma dar o contributo possível para a identificação de aproveitamentos da biomassa como fonte de energia renovável, que estão actualmente a ser desenvolvidos a nível europeu apresentando resultados positivos, com a convicção de que Portugal tem um potencial neste âmbito que poderá vir a ser fortemente desenvolvido no futuro.

2. Aposta na biomassa florestal como energia renovável

2.1. Contexto Europeu

Em 1996, teve início a elaboração de uma estratégia direccionada para as fontes de energia renováveis, com a adopção do Livro Verde pela Comissão Europeia. Neste âmbito, estabeleceu-se um debate público sobre a natureza e tipo de medidas prioritárias a desenvolver pelos vários Estados-Membro para promoção das energias renováveis.

De realçar que no Livro Verde, entre os importantes contributos que poderão resultar do acréscimo do recurso às fontes de energia renováveis, é reconhecida a protecção do ambiente e a redução das emissões de dióxido de carbono, o acréscimo da segurança no abastecimento de energia e a diminuição da dependência das importações de energia, a criação de emprego e de oportunidades de negócio com o recurso a tecnologias associadas à utilização de energias renováveis.

Na sequência dos debates suscitados, foi publicado em 1997 o Livro Branco para um Plano de Acção e uma Estratégia Comunitária em matéria de fontes de energia renováveis. Os objectivos estabelecidos incluem um objectivo indicativo de duplicação das fontes de energia renováveis fixado pela União Europeia de 6% para 12% do consumo bruto de energia até ao ano de 2010. Neste contexto, a aceleração da penetração das fontes de energia renováveis dará um importante contributo a nível europeu para o cumprimento do compromisso internacional para a redução de CO₂, simultaneamente permitirá reduzir a dependência da importação de energia fóssil e estabelecerá um quadro de novas oportunidades de negócio para a indústria no espaço da União Europeia.

O Plano de Acção, previsto no Livro Branco, inclui uma Campanha de Arranque para promover o início de investimentos em sectores chave e visa colher credibilidade para a obtenção de novos investimentos substanciais durante o ano de 2003. A Campanha de Arranque estará em curso entre o ano de 2000 e 2003, com o objectivo de catalizar o desenvolvimento das fontes de energia renováveis (Site IDAE, 2003). Os objectivos estabelecidos incluem uma proposta de instalação de 10.000 MWth de capacidade em 1.000.000 de habitações aquecidas por instalações de co-geração a partir de biomassa (IDAE, 2003).

No seguimento do compromisso assumido pela Comissão Europeia no Livro Branco, foi apresentada uma avaliação dos progressos realizados para cumprimento dos objectivos estabelecidos. As fontes de energia renováveis obtiveram globalmente um progresso diminuto entre 1997 e 2001, apesar de se verificarem em alguns países resultados pontuais muito interessantes. No sector específico da biomassa, a Comissão refere que o seu contributo para a segurança do aprovisionamento pode ser importante, no entanto os progressos são insuficientes dado o potencial disponível de biomassa e da respectiva tecnologia. Foi também referida a necessidade de realização de campanhas a nível europeu para destacar os aspectos energéticos, ambientais e económicos desta tecnologia.

Com a publicação da Directiva Comunitária nº 2001/77/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Setembro de 2001, relativa à promoção da electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis no mercado interno da electricidade, foram estabelecidas metas individuais para cada Estado-Membro relativas ao consumo de electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis. Acresce referir que a Directiva terá um importante contributo para o cumprimento dos compromissos assumidos no Protocolo de Quioto e na Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas.

O objectivo global estabelecido foi de 12% do consumo bruto de energia a nível da União Europeia em 2010, considerando o valor indicativo de 22,1% de electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis no consumo total de electricidade na Comunidade em 2010. Neste contexto, a referida Directiva vincula Portugal ao cumprimento de um objectivo de 39% de electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis no consumo bruto de electricidade em 2010.

A nível da União Europeia, verificou-se, para o ano de 2000, um consumo de energia primária de cerca de 6% a partir de energias renováveis, com uma dependência maioritária do petróleo de cerca de 41%, seguindo-se o gás natural com aproximadamente 23% e os combustíveis sólidos com 15% (*Eurostat*, 2001).

No contexto da produção de energia primária a partir de fontes de energia renováveis na Europa, salienta-se que a biomassa e os resíduos, no ano de 1999, tiveram uma representatividade de cerca de 64% a nível europeu, seguida da energia

hidroelétrica com cerca de 31% (Eurostat, 2001). Deste modo, acresce referir que efectivamente a biomassa e os resíduos são a fonte de energia renovável mais representativa a nível da União Europeia, sendo a sua principal aplicação a produção de vapor e calor quer na indústria, quer a nível doméstico, já no que respeita a produção de electricidade o seu uso é mais limitado (Eurostat, 1998). Os principais combustíveis usados são a lenha e os resíduos de madeira (estilha, casca, entre outros), por sua vez as menores contribuições resultam do licor negro e de outros resíduos agrícolas.

Como impedimentos ao desenvolvimento das energias renováveis destacam-se os de ordem financeira, fiscal e barreiras administrativas, a baixa competitividade de algumas energias renováveis e a falta de informação e confiança entre os investidores. No entanto, em situações onde políticas e medidas foram adequadamente implementadas, as energias renováveis desenvolveram-se com sucesso. Por exemplo, a Áustria e a Suécia dominaram o aumento de *output* a partir de instalações de aquecimento central doméstico a biomassa. Devido aos elevados custos de desenvolvimento de redes de aquecimento, é comum, em Estados-Membros tal como a Áustria, a criação de apoios financeiros consideráveis para projectos de aquecimento central a biomassa. Na Suécia, o aquecimento central a biomassa expandiu-se, sem subsídios directos elevados, como resultado da introdução de taxas de carbono e energia (das quais a biomassa foi excluída) e de um apoio considerável através de investigação e desenvolvimento (European Environment Agency, 2002).

Em Portugal, no ano de 2001, o contributo das fontes de energia renováveis para o consumo de energia primária foi de 13,7%, que contrasta com o valor apontado para a União Europeia de 5,8%. Já para o ano de 2002, estima-se que ocorra ligeiro decréscimo deste valor, apontando-se para um valor de 11,4% em Portugal (International Energy Agency, 2003).

A nível europeu, tendo em consideração a expansão projectada para o consumo bruto de energia, a taxa de crescimento deverá ser superior a 7% por ano para que seja atingida em 2010 a meta fixada de 12% do consumo total de energia a partir de fontes renováveis. Contudo, as projecções de base da Comissão Europeia (NTUA, 2000) estimam que o crescimento deverá ser inferior a esse valor e provavelmente

apenas será suficiente para manter o contributo actual no mercado em 2010 (*European Environment Agency*, 2002).

Relativamente aos dados estatísticos referidos, optou-se pelo recurso, sempre que possível, a dados mais actualizados. As estatísticas da Agência Internacional da Energia disponibilizam dados actualizados até ao ano de 2001 e, no caso de alguns indicadores, até ao ano de 2002. Por sua vez, as estatísticas da *Eurostat* disponíveis apenas apresentavam dados relativos ao ano de 2000.

Refere-se que foram detectadas algumas discrepâncias entre os dados apresentados nas estatísticas da *Eurostat* e da Agência Internacional de Energia, ou mesmo nos dados nacionais, o que pode resultar de pequenas diferenças nas definições utilizadas ou pelo facto de existir, em alguns casos, informação mais detalhada.

2.2. Situação Nacional

2.2.1. Orientações e políticas em matéria de biomassa

O sistema energético nacional caracteriza-se por uma forte dependência de importações de energia, com um valor de 87% no ano de 2000. Acresce referir que os valores das importações de energia observados nos últimos anos têm sido sempre superiores a 80%. Outra característica do sistema energético nacional consiste na elevada intensidade energética do PIB. Em Portugal, verificou-se uma intensidade energética de 242 (tep/M€₉₅) no ano de 2000, o que contrasta com o valor médio de 194 (tep/M€₉₅) observado na União Europeia (*Eurostat*, 2003).

Neste contexto, foi adoptado o Programa E4- Eficiência Energética e Energias Endógenas, por publicação na Resolução do Conselho de Ministros nº 154/2001, de 27 de Setembro. O referido diploma define objectivos estratégicos no que respeita à promoção da penetração das energias renováveis e ao cumprimento das metas estabelecidas na directiva para a produção de electricidade a partir de fonte de energia renováveis.

O Programa E4 preconiza os eixos de intervenção que se seguem:

- Diversificação do acesso às formas de energias disponíveis no mercado e aumento das garantias do serviço prestado pelas empresas de oferta energética;

- Promoção da eficiência energética, a redução da intensidade energética do PIB e da factura energética externa, i. e., da dependência energética do exterior;
- Promover a valorização de energias endógenas, designadamente a hídrica, a eólica, a biomassa, a solar e a energia das ondas, articulando de forma efectiva a viabilidade técnico-económica e as condicionantes ambientais.

Na Brochura “Energia Portugal 2001”, publicada no início do ano de 2002, estabeleceu-se um quadro de referência da situação energética disponível no País aquando do arranque do Programa E4. Esta publicação visa dar sequência aos objectivos preconizados no Programa E4.

Nesta publicação é feita referência, em termos de oferta de energia, à utilização de energias renováveis, designadamente da energia proveniente da biomassa.

Na Brochura “Energia Portugal 2001” é salientado que a energia da biomassa, a par da energia hídrica, é a forma de energia renovável mais utilizada em Portugal. Existem uma multiplicidade de fileiras de aproveitamento energético da biomassa.

Neste âmbito, interessa referir o aproveitamento energético de material lenhoso, para produção de calor ou, simultaneamente, para produção de energia eléctrica e calor, que pode ser desagregado em três diferentes categorias, que se apresentam em seguida (DGE, 2001):

1. Pequenos e médios aproveitamentos de produção de calor para aquecimento ambiente, confecção de alimentos e produção de águas quentes. Incluem-se as lareiras domésticas, os fornos e fogões a lenha e as caldeiras domésticas semi-industriais. Estas são instaladas quer no sector doméstico, quer no sector terciário, nomeadamente em hotéis, para produção de águas quentes utilizadas para aquecimento ambiente e como águas quentes sanitárias.
2. Aproveitamento de resíduos das indústrias da fileira florestal, particularmente das indústrias de pasta de papel, e da madeira e mobiliário.

Os resíduos de material lenhoso resultantes das actividades industriais destinam-se à alimentação de caldeiras para produção de vapor, o que pode ser efectuado directamente no processo industrial (p.e. em estufas de secagem

de madeira, ou na produção de energia eléctrica por recurso a uma turbina de contrapressão). Após a produção de energia eléctrica, o calor remanescente pode ainda ser utilizado no processo produtivo.

3. Aproveitamento de resíduos florestais para produção de energia eléctrica (DGE, 2001).

No início de 2002, foi aprovado o Programa Nacional para a Eficiência Energética dos Edifícios (P3E), que tem como principal objectivo contribuir para o aumento da eficiência energética nos edifícios em Portugal, através do desenvolvimento de várias medidas já apontadas pelo Programa E4. Este Programa definiu um objectivo de redução de emissões de gases com efeito de estufa em cerca de 650 mil ton/ano em 2010 (DGE, Janeiro 2003).

O cumprimento destes objectivos passa pela implementação de um conjunto de medidas, previstas num cronograma de implementação do P3E, para o período entre 2001 e 2004, que incluem nomeadamente a revisão do *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios* (Decreto-Lei n.º 40/90, de 6 de Fevereiro) e do *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios* (Decreto-Lei n.º 118/98, de 7 de Maio), certificação de edifícios (nomeadamente os públicos), qualificação de auditores energéticos de edifícios, entre outras.

O consumo de energia final em edifícios tem vindo a aumentar. Em 2001, foi apontado um valor de 27% do total do País. Nesta sequência, salienta-se a importância de ser dado especial destaque a este sector. Deverão ser identificadas medidas a aplicar que melhorem a eficiência energética nos edifícios através da utilização racional de energia, designadamente no aquecimento.

No contexto da caracterização energética dos edifícios em Portugal, refere-se desde já que existem em Portugal cerca de 3,2 milhões de edifícios (INE, 2001). Considerando o Balanço Energético Nacional de 2001, verificou-se que o consumo de energia nos edifícios corresponde a cerca de 27% do consumo de energia final do País, destinando-se cerca de 16% ao sector residencial (2,9 Mtep) e os restantes 11% ao sector de serviços, com um consumo total de cerca de 5 Mtep. Destaca-se que o consumo de electricidade em edifícios ascende a cerca de 58% do total nacional.

O consumo de energia eléctrica no sector doméstico apresenta uma elasticidade unitária juntamente com o consumo privado, o que vai depender directamente do rendimento disponível das famílias. O aumento do rendimento das famílias reflecte-se na compra de equipamentos consumidores de energia por parte do consumidor. Uma outra vertente de aumento de consumos resulta do número de ineficiências presentes nos equipamentos utilizados, bem como dos hábitos, comportamentos e formas de utilização dos mesmos (DGE, 2002).

Relativamente às utilizações finais de energia, o consumo de energia em edifícios residenciais distribui-se pelas cozinhas e águas quentes sanitárias (50%), iluminação e electrodomésticos (25%) e climatização (aquecimento e arrefecimento) (25%) (DGE, 2001).

Nesta sequência, deverá ocorrer uma intervenção nos edifícios de forma a melhorar a sua eficiência térmica e energética, nomeadamente ao nível das águas quentes sanitárias e climatização, cuja respectiva fonte energética (energia final) se divide entre o gás e a electricidade e onde a utilização da biomassa poderá ter um impacto importante (DGE, 2002).

Os edifícios de serviços apresentaram uma taxa de crescimento do consumo energético entre 1990 e 1999 (7,1% de crescimento médio por ano) superior à dos residenciais. Acresce dizer que, como grandes utilizadores de energia eléctrica, tiveram um peso importante no acentuado crescimento do respectivo consumo no país (DGE, 2002).

2.2.1. A biomassa no âmbito do balanço energético nacional

Relativamente ao contributo de Portugal para o cumprimento das metas fixadas pela Directiva relativa à produção de electricidade a partir de energias renováveis, apresenta-se em seguida um ponto de situação nacional.

Em Portugal, cerca de 35% da produção de electricidade no ano de 2001 resultou da contribuição das fontes de energias renováveis, contrastando com o valor médio da União Europeia de 19,5%. Em Portugal, relativamente ao ano 2002, foi divulgada uma estimativa que indica uma diminuição desta contribuição para 21,5% (International Energy Agency, 2003).

Considerando o contributo das energias renováveis no balanço energético nacional no ano de 2001 (3,6 Mtep), verificou-se um total de 62% a partir de biomassa, resíduos e biogás, seguindo-se a energia hídrica com 34% e, por último, as energias geotérmica, solar, eólica e das marés com 4%.

Nesta sequência, procede-se a uma análise mais detalhada da situação energética portuguesa, em particular da situação da biomassa.

A situação energética nacional caracteriza-se por uma excessiva dependência face ao exterior. Na década de noventa e anos seguintes, a importação de energia foi sempre superior a 80%. Sendo a biomassa uma das principais fontes em termos energéticos, torna-se desde logo necessário valorizar energeticamente os produtos de origem vegetal e seus resíduos, para que parte das necessidades em energia possam ser asseguradas por este tipo de combustível.

No balanço energético nacional, a produção doméstica de lenhas e resíduos vegetais representa um valor de 1 785 206 tep, que corresponde ao consumo de energia primária. Desta cerca de 93% corresponde a fracção disponível para consumo final, sendo o restante consumido para novas formas de energia, através da cogeração.

Como se pode observar no Quadro 2.1., o consumo final de lenhas e resíduos vegetais está repartido pelos sectores doméstico e da indústria transformadora.

Neste contexto, verifica-se que o consumo final deste combustível é maioritariamente realizado no sector doméstico no período entre 1998 e 2001 (valores sempre superiores a 68%).

Quadro 2.1 – Contributo da indústria transformadora e do sector doméstico no consumo final de lenhas e resíduos vegetais (tep)

Consumo final de lenhas e resíduos vegetais por sector: (unidades: tep)	1998	1999	2000	2001
Indústria transformadora	484.691	504.895	508.164	537.617
Sector doméstico	1.145.000	1.130.000	1.125.000	1.130.000
Total	1.629.691	1.634.895	1.633.164	1.667.617

Fonte: Balanços Energéticos entre 1998 e 2001, DGE

Considerando apenas o sector doméstico, o contributo das lenhas e resíduos vegetais no consumo final de energia é de aproximadamente 39% no ano de 2001.

Por sua vez, o contributo das lenhas e resíduos vegetais no consumo final de energia é de cerca de 9% no ano de 2001.

Refere-se que as divergências estatísticas relativas ao consumo de lenhas se devem ao facto de nos balanços nacionais apenas se considerarem as lenhas e resíduos que passam em circuitos comerciais. No entanto, as estatísticas da *Eurostat* consideraram uma estimativa de todas as lenhas e resíduos consumidos, apresentando um valor de cerca de 2,4 Mtep no ano de 1998 (DGE, 2002).

A biomassa, através da lenha e dos resíduos da indústria da madeira, contribui já de forma significativa para o balanço de energia final do país. Pode, no entanto, estar em risco de diminuir a sua contribuição na eventualidade do uso tradicional da lenha ser substituído por alternativas convencionais, nomeadamente na sequência da promoção do gás natural (M. Collares-Pereira, 1998).

Acresce referir que o contributo da biomassa não é facilmente quantificável, uma vez que os combustíveis de biomassa estão, muitas vezes, fora do circuito comercial – são armazenados junto a florestas e campos de cultura, ou aparecem como subproduto derivado de outras actividades, podendo ser utilizados localmente, em produção doméstica, ou ainda ser trocados por outros bens ou serviços (Janet Ramage, 2003)

Em Portugal, a potência instalada nas centrais produtoras de energia eléctrica a biomassa é de 441 MW no ano de 2001, sendo a produção de energia eléctrica a partir de biomassa de 1 600 GWh (DGE, 2003). De acordo com o referido no Relatório “Definição de metas indicativas relativas à produção de electricidade a partir de fontes de energia renováveis (2002 - 2012)” (DGE, 2003), foram promovidos estudos durante o ano 2000, relativos ao potencial de utilização de energias renováveis para a produção de electricidade. Foi estimada a evolução da oferta de electricidade produzida pelas fontes de energia renováveis, encontrando-se previsto um potencial técnico para a biomassa (inclui os resíduos sólidos urbanos) de 3 200 GWh/ano de energia e uma potência de 530 MW (DGE, 2003).

Relativamente à potência da biomassa a instalar até 2010, refere-se que nas estatísticas da DGE de 2003, através do relatório mencionado, está prevista a quase duplicação do valor proposto no Programa E4 datado de 2001, que estabelecia uma

potência de 230 MW em 2010 (100 MW para a biomassa e de 130 MW para os resíduos sólidos urbanos).

Acresce ainda referir que a potência instalada para a biomassa em Portugal, no ano de 2001, foi de 241 MW (Agência Internacional de Energia, 2003), o que está em concordância com a previsão apresentada pela Direcção Geral de Energia para 2010, uma vez que o valor apresentado no Programa E4 já foi ultrapassado no ano de 2001.

2.3. Breve caracterização física e social do País

2.3.1. Área, clima, orografia, hidrografia e fitoclimatologia

O país geograficamente tem cinco regiões diferenciadas: Norte, Centro, Lisboa e Vale do Tejo, Alentejo e Algarve.

De acordo com as estatísticas do INE de 2002, a área total abrangida pelo Continente é de 89.045,1 km², encontrando-se distribuída pela zona do Alentejo com 27.323,8 km², pelo Centro e Norte com 23.675 km² e 21.289 km² respectivamente, seguindo-se a região de Lisboa e Vale do Tejo com 11.762,1 km² e pelo Algarve com 4.995,2 km² (INE, 2002).

Em Portugal Continental, o clima apresenta grandes variações de região para região. As principais causas dessa variação resultam de factores como o relevo, a latitude, a distância ao mar e, para regiões na faixa litoral, a orientação dominante da linha de costa (INM, 2003).

2.3.1.1. Região Norte

Na Região Norte incluem-se os distritos de Braga, Bragança, Porto, Viana do Castelo, Vila Real, dez concelhos do distrito de Viseu, seis concelhos do distrito de Aveiro e apenas um concelho do distrito da Guarda (Vila Nova de Foz Côa).

O Norte do país está habitualmente associado, aos seguintes aspectos fundamentais (Pena, 1997):

- Relativamente ao relevo, a uma região montanhosa;
- Em relação ao clima, predominância do tempo húmido e frio;

- Relativamente às actividades humanas, os trabalhos florestais e associados ao vinho do Porto e vinho verde;

A região do Norte é considerada uma região montanhosa, onde dois terços da sua superfície atingem altitudes superiores aos 400 m.

Embora o relevo seja marcadamente acidentado, facto este bem expresso na designação da maior província da região de Trás-os-Montes, apenas alguns maciços montanhosos atingem altitudes acima dos 1.000 metros, nomeadamente as serras da Peneda (1.373 m), do Gerês (1.545 m), do Larouco (1.527 m), da Cabreira (1.262 m), do Barroso (1.279 m), do Marão (1.415 m), do Alvão (1.285 m), Montesinho (1.273 m) (Pena, 1997).

Na sub-região minhota, importa registar a oposição entre as serras altas interiores e o baixo relevo no litoral. Destaca-se a meseta que tem elevada expressão na área de Miranda do Douro (com altitudes compreendidas entre os 700 e os 800 m).

No que respeita ao clima, encontra-se um conjunto numeroso de situações climáticas distintas, o que se deve à conjugação da orografia, a influência do oceano e da continentalidade (Pena, 1997).

A temperatura média diária do ar, varia entre os 7,5 e os 10°C, nas zonas altas, até aos 15 e 16°C, nos vales dos rios, nomeadamente no rio Douro. A precipitação regista valores anuais desde 400 mm no Douro até aos 2.800 mm no Gerês, referindo-se que no Minho, Baixo Douro, assim como na região de Vila Real e de Bragança, estes valores subam acima dos 800 mm (Pena, 1997).

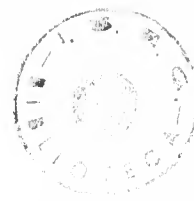
2.3.1.2. Região Centro

A região Centro abrange os distritos de Castelo Branco, Coimbra e Guarda (à excepção de Vila Nova de Foz Côa), um concelho do distrito de Santarém – Mação, dez concelhos do distrito de Aveiro e catorze do distrito de Viseu.

Esta região pode ser caracterizada através do conjunto de regiões pelas quais se encontra envolvida, podendo referir-se genericamente o seguinte (Pena, 1997):

- Trata-se de uma região eminentemente florestal;

- Contém o maior maciço montanhoso do continente – a Serra da Estrela;
- Possui uma vasta e singular zona húmida: a ria de Aveiro.



Do ponto de vista orográfico, esta região têm duas zonas, uma aplanada, com altitudes inferiores aos 400 m, e outra montanhosa, com níveis de altitude superiores a aquele valor. Alguns dos maiores acidentes orográficos são, por exemplo, a Serra da Estrela (1.992 m), a Serra do Açor (1.340 m), a Serra da Lousã (1.204 m), a Serra da Arada (1.116 m), a Serra da Malcata (1.075 m) e a Serra do Caramulo (1.071 m) (Pena, 1997).

O clima caracteriza-se pela intercalação de uma considerável área montanhosa e, pela transição no sentido sul-norte, de um padrão tipicamente mediterrânico para outro temperado de feição atlântica. Saliente-se que as temperaturas médias são inferiores a 10°C nas principais serras (Pena, 1997).

A humidade relativa do ar varia com os principais relevos e a distância ao mar, originando uma zona seca centrada em Viseu e outra, mais acentuada, na região de Castelo Branco. A precipitação média anual num clima seco caracteriza-se por valores entre os 450 e 600 mm, que se verifica nomeadamente na zona raiana do Tejo Internacional. Por sua vez, na Serra da Estrela a precipitação atinge valores acima dos 1.600 mm (chegando até cerca dos 3.000 mm no seu cume) (Pena, 1997).

Em termos de zonas fitogeográficas, refere-se que as mesmas são áridas e apresentam grandes amplitudes térmicas.

As principais bacias são as do Vouga, Mondego, Dão, Zêzere e Côa.

Assim, a região Centro encaixada entre o Douro e o Tejo pode ser globalmente caracterizada como (Pena, 1997):

- A Beira Litoral, mais ou menos em “chapa ondulada”, densamente povoada e muito intervencionada;
- A Beira Alta montanhosa, fria e granítica;
- A Beira Baixa árida, florestal e muito mediterrânica (temperaturas médias anuais de 12 a 16°C), à excepção da Serra da Estrela.

2.3.1.3. Região de Lisboa e Vale do Tejo

Esta Região ocupa uma posição central no país, encontrando-se encostada à faixa litoral, compreende o distrito de Lisboa, praticamente todo o distrito de Santarém, diversos municípios de Setúbal e Leiria e ainda um município do distrito de Portalegre, totalizando 51 concelhos.

Situam-se nesta região três cabos: o Carvoeiro, o da Roca e o Espichel, um pequeno arquipélago das Berlengas, que se situa a poucas milhas da Costa, e dois grandes estuários (o Tejo e o Sado). O rio Tejo atravessa a região em diagonal, dividindo-a em duas zonas: uma a norte de fisionomia em mosaicos e outra, a sul, mais homogénea e com maiores extensões florestais (Pena, 1997).

Em termos de relevo, a altitude é inferior a 200 m em 90% da área desta região. A restante área não ultrapassa os 400 metros, e tendo como pontos mais altos as Serras de Aire e Candeeiros (678 m), de Montejunto (666 m), de Sintra (528 m) e da Arrábida (501 m). Embora as serras referidas apresentem altitudes modestas desempenham um papel importante nas características bioclimáticas da Região (Pena, 1997).

No que diz respeito à temperatura média do ar, esta varia entre os 12,5°C e os 16°C, aquecendo na zona do Estuário do Tejo para 15 – 16°C. Geralmente, a humidade do ar varia, ao longo do ano, entre os 65% e os 85%, com maior influência nas cortinas verticais, a partir do mar, e para o interior. A precipitação total média varia entre 500 e 1.000 mm, situando-se os valores mais representativos entre os 600 e os 800 mm (Pena, 1997).

Por último, acresce referir que a orla costeira desta região é sinuosa. Integra uma grande variedade de zonas húmidas e diversas zonas arborizadas, que constituem o meio florestal e o meio arbustivo, bem como pequenas populações rurais e cidades de grande dimensão (Pena, 1997).

2.3.1.4. Região do Alentejo

A região do Alentejo é a maior região do país, abrangendo os distritos de Évora, de Beja, de Portalegre (com exceção de Gavião) e Setúbal (com Alcácer do Sal, Grândola, Santiago do Cacém e Sines). A paisagem alentejana é homogénea, por

vezes, monótona, assentando numa peneplanície com relevos relativamente baixos. Nesta região podem distinguir-se três sub-regiões distintas (Pena, 1997):

- A litoral, ainda relativamente conservada;
- A nordestina, montanhosa, fria e granítica;
- A interior uma área muito extensa, de peneplanície, só recortada por um curso de água e sua bacia, o Guadiana.

O clima é marcadamente mediterrânico, evidenciando uma prolongada e bem acentuada estação seca. Em termos hipsométricos, a maior parte do Alentejo litoral e a sul não ultrapassa os 400 m, só em áreas muito restritas, e nas serras pode chegar a 1.050 m, sendo os principais relevos coincidentes com as zonas mais frescas da região, nomeadamente as Serras de S. Mamede, de Marvão e Monchique. Na zona litoral as amplitudes térmicas anuais são mais moderadas, o que resulta do efeito exercido pelo oceano. As temperaturas médias do ar, ao longo dos anos, variam a Sul do Tejo entre os 10 – 12,5°C, podendo atingir valores superiores a 17,5°C na zona situada entre o Guadiana e Espanha (Pena, 1997).

Assim, a zonagem fitoclimática caracteriza-se por ser termomediterrânica. A vegetação arbórea e natural é de fâcies seco de aridez considerável. Por sua vez, a zona supramediterrânica é representada apenas fâcies sub-húmido, envolvendo as serras nordestinas (Pena, 1997).

Em termos florestais, o Alentejo apresenta características tipicamente mediterrânicas com dominância de carvalhos de folha persistente (sobreiros, azinheiras e carvalho negral) e um meio arbustivo homogéneo e extenso com predomínio de estevas. O meio rural assenta em culturas extensivas de sequeiro (com larga representação do latifúndio) (Pena, 1997).

2.3.1.5. Região do Algarve

Na Região do Algarve a delimitação administrativa identifica-se com as fronteiras naturais. O Guadiana e o mar envolvem o Algarve e só a norte, um sistema montanhoso marca os limites com o Alentejo. No Algarve podem distinguir-se três sub-regiões (Pena, 1997):

- O litoral, estreito e ligeiramente inclinado, que se estende por toda a costa sul. A ocupação humana e turística apresenta elevada densidade, dominando sistemas agrícolas intensivos;
- O barrocal, encaixado entre a serra e o litoral, verificando-se o predomínio dos pomares de sequeiro;
- A serra muito dobrada e de declives acentuados. É constituída por três relevos fundamentais: o Espinhaço de Cão (até 410 m) que desce até à orla costeira ocidental, a serra de Monchique (no ponto mais elevado atinge 902 m) e a serra do Caldeirão (577 m).

A temperatura média anual no Algarve varia desde os 12,5°C até aos 15°C, numa faixa no norte e junto ao mar, até uma temperatura superior a 17,5°C no centro. A precipitação apresenta valores médios anuais inferiores a 400 mm na costa sul e vai até valores de 1.400 mm nos cumes das serras, com graduações inferiores até ao litoral sul (Pena, 1997).

No que respeita o meio florestal, refere-se que o mesmo está muito devassado, embora possua um considerável interesse biológico e um meio arbustivo muito rico, marcado pela fisionomia que adquire no barrocal (a alfarrobeira) (Pena, 1997).

2.3.2. Aspectos sócio-económicos

2.3.2.1. População Residente

Em Portugal, as estatísticas constantes no Recenseamento Geral da População e Habitação (INE, 2001) apontam para uma população residente de 10 356 117 habitantes, sendo a população presente de 10 148 259 indivíduos.

A evolução da população não foi idêntica em todas as regiões. Na última década, a região algarvia registou o maior aumento (superior a 13,3%) relativamente à média nacional (+ 3,2%), contrastando com as regiões Autónomas da Madeira e dos Açores e com Alentejo, nas quais se verificou um decréscimo dos efectivos populacionais entre 1991 e 2001.

Relativamente à densidade populacional média do país, verificou-se um acréscimo de 107 habitantes por km² para 112 hab/km². Em 2001, a região autónoma da Madeira registava a maior densidade populacional, com cerca de 313 habitantes por km², seguindo-se a região de Lisboa e Vale do Tejo com 295,7 hab/km², a região Norte, do Algarve e do Centro com 171,8 hab/km², 79,9 hab/km² e 75,7 hab/km², respectivamente, e, por último, a região do Alentejo com o valor mais baixo de 19,3 hab/km² (INE, 2002).

Em termos de estrutura e dinâmicas populacionais, refere-se que a evolução verificada mostra o acentuar do envelhecimento demográfico, que se caracteriza por um duplo envelhecimento da população portuguesa. Por um lado, verifica-se um lento e continuado declínio da importância da população jovem, ou seja, da população com menos de 15 anos que na última década diminuiu de 20% para 16% e, simultaneamente um aumento da população mais idosa, ou seja, a população com mais de 65 anos de idade, a qual aumentou no mesmo período de 13,6% para 16,4% (INE, 1997).

A mudança estrutural da população portuguesa, traduz-se na existência de pirâmides de idades com bases cada vez mais reduzidas, em virtude da baixa natalidade, e com a parte superior das pirâmides cada vez mais empoladas, devido à maior longevidade. Este processo é acompanhado por um processo contínuo de envelhecimento gradual da população potencialmente activa, uma vez que se situa entre os dois grupos etários que se situam no extremo das estruturas (INE, 2001).

No que respeita à distribuição de emprego por sectores de actividade, refere-se que existe uma forte concentração do mesmo no sector dos “Serviços”, com cerca de 53% do total de emprego no ano de 2001. O emprego no sector da “Indústria, Construção, Energia e Água”, representa 34% do total no ano de 2001. Por último, o emprego no sector “Agricultura, Silvicultura e Pesca” representa 13% do total de emprego (INE, 2002).

2.3.2.2. Sector Agrário – número e área das explorações

De acordo com a análise efectuada pelo INE com base no Recenseamento Geral da Agricultura de 1999, refere-se que a superfície total das explorações foi de 5.188.938

ha, o que representou 56% da superfície geográfica do País. A Superfície Agrícola Utilizada (SAU) ocupa 75% da superfície total das explorações, enquanto que a superfície florestal (sem aproveitamento agrícola simultâneo mas incluída na exploração agrícola) é a segunda parcela com maior dimensão com cerca de 20%.

Refere-se que foram recenseadas 415.969 explorações em 1999 e, comparativamente com o ano de 1989, registou-se um decréscimo do número de explorações de 30,5% do total, com menos 183.000 explorações. Em termos de SAU, ocorreu uma redução de 3,6% do total, que correspondeu a menos 140 mil hectares, em 10 anos (INE, 2001).

Em 1999, do total de explorações 64% encontram-se na zona Norte e Centro do País, consistindo em explorações de menor dimensão, 23% situam-se nas regiões do Ribatejo e Oeste e Alentejo (onde se localizam 73% das explorações com SAU superior a 50 ha) e os restantes 13% situam-se no Algarve e nas Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores (INE, 2001).

Em termos estruturais, apesar de se manter o predomínio das pequenas explorações, com 79% do total a apresentarem uma dimensão inferior a 5 ha, refere-se que a redução ocorreu de forma mais acentuada nessas explorações. Entre 1989 e 1999, desapareceram cerca de 40% do número de explorações com menos de 1 ha, 31,2% e 28,9% nas classes de dimensão de 1 a 2 ha e de 2 a 5 ha respectivamente (INE, 2001). As explorações de menor dimensão encontram-se dispersas por todo o país, apresentando maiores concentrações nas regiões da Beira Litoral (21,8%), de Entre Douro e Minho (16,2%) e na Região Autónoma da Madeira (12,2%). Nestas regiões foram verificados os menores valores regionais de SAU média, respectivamente, 3,2 ha, 2,1 ha, e apenas 0,4 ha (INE, 2001).

A nível global, verificou-se um aumento da SAU média no País de 38,8%, que apresenta um valor de 9,3 ha no ano de 1999, contrastando com o valor de 6,7 ha em 1989. O acréscimo da SAU média nacional está associado às explorações cuja SAU é igual ou superior a 100 ha, nas quais se verificou um aumento de 16,3 ha, passando para 352 ha a SAU média neste tipo de explorações (INE, 2001).

A dimensão das explorações é variável de região para região. Em 1999, as explorações com uma dimensão igual ou superior a 100 ha de SAU representavam

1,4% do número total, das quais 76,8% se situavam no Alentejo e correspondiam a 52,7% da SAU total (INE, 2001).

2.3.3. Incêndios florestais

Os incêndios florestais ocorrem todos os anos especialmente nos meses do Verão, o que se deve ao facto de Portugal ter um clima mediterrânico, que se caracteriza por verões secos e quentes.

Pode observar-se no Quadro 2.2, o número de ocorrências e área ardida registada entre os anos de 1998 e 2003 (período entre 1 de Janeiro e 31 de Agosto de 2003).

Note-se que a área ardida no ano de 2003 atingiu valores muito superiores aos registados em anos anteriores.

Quadro 2.2.- Número de ocorrências e área ardida registada entre o ano de 1998 e 2003.

Período: 01 de Janeiro a 31 de Agosto 2003

Anos	Número de ocorrências		Área ardida (ha)		
	Incêndios Florestais	Fogueiras (Área < 1 ha)	Povoamentos	Matos	Total
1998	6 899	21.085	52.047	83.619	135.666
1999	4 713	16.119	29.433	35.067	64.500
2000	5.201	17.144	55.826	55.070	110.896
2001	3.538	11.854	25.043	38.432	63.476
2002	5 844	17.820	62.982	54.653	117.635
2003 *	3.447	11.778	250.400	111.846	362.246
MÉDIA 1998 – 2002	5.239	16.804	45.066	53.368	98.435

* VALORES PROVISÓRIOS

Fonte: 9º Relatório Provisório “Incêndios Florestais – 2003”; DGF, 2003

Os incêndios que ocorreram durante o Verão provocaram enormes perdas em povoamentos florestais. Apresentam-se os dados provisórios, que datam de final de Agosto, que indicam um valor de 362.246 ha de área ardida (DGF, 2003). O valor apurado inclui os registos de áreas de grandes incêndios ocorridos no Concelho de Idanha-a-Nova, Nisa, Monchique e Silves. Pode observar-se no Quadro 2.3. a extensão da área ardida registada nas várias regiões agrárias em final de Agosto, referindo-se, no entanto, que o valor apurado não é representativo do total de extensão de área ardida que se verificou neste Verão, uma vez que esse levantamento não se encontra concluído.

Acresce referir que foi no Distrito de Castelo Branco que se registou um valor mais elevado de área ardida (até final de Agosto) de 85.373 ha.

Quadro 2.3. – A área ardida (ha) registada no período entre 1 de Janeiro e 31 de Agosto de 2003 por Região Agrária.

Regiões Agrárias	Área Ardida (ha)		
	Povoamentos	Matos	Total
Entre Douro e Minho	3.535	3.395	6.929
Trás-os-Montes	4.850	13.829	18.679
Beira Litoral	9.998	5.631	15.629
Beira Interior	95.101	33.487	128.588
Ribatejo e Oeste	35.499	14.634	50.133
Alentejo	80.970	17.425	98.395
Algarve	20.448	23.446	43.894
Total	250.400	111.846	362.246

Fonte: 9º Relatório Provisório “Incêndios Florestais – 2003”; DGF, 2003.

2.4. Quantificação de resíduos de biomassa florestal

A biomassa pode ser definida como a “fracção biodegradável de produtos e resíduos da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), da floresta e das indústrias conexas, bem como a fracção biodegradável dos resíduos industriais e urbanos”, de acordo com o referido na Directiva Comunitária nº 2001/77/CE.

A biomassa é um recurso de vasta distribuição, cuja definição pode incluir, para além da biomassa lenhosa e dos resíduos da indústria da madeira, as culturas energéticas, os resíduos agrícolas e efluentes agroalimentares, os estrumes e a fracção orgânica dos resíduos sólidos urbanos, os resíduos domésticos triados e as lamas de ETAR’s (Comissão Europeia, Energia para o Futuro: Fontes de Energias Renováveis, 1997).

Relativamente à definição de biomassa, no presente documento o âmbito fica circunscrito à fracção de biomassa de origem florestal e proveniente da indústria de transformação da madeira.

2.4.1. Ocupação florestal

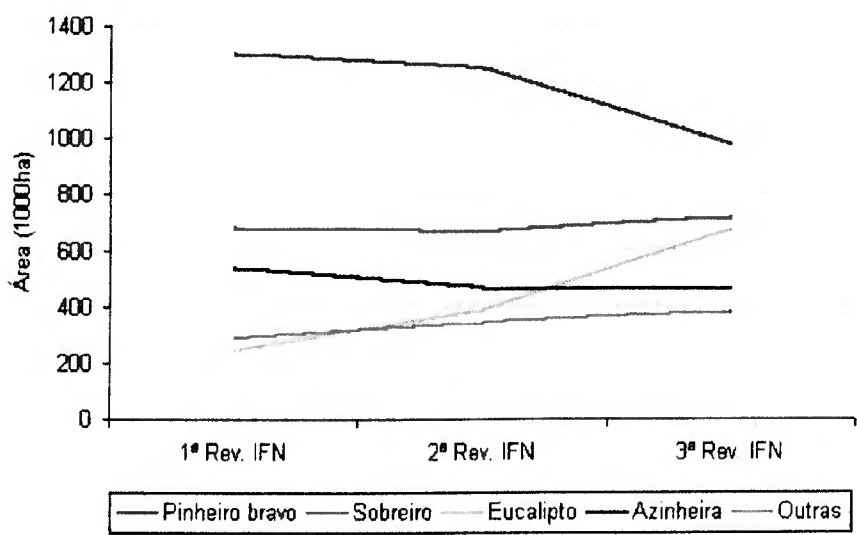
A floresta ocupa 3,3 milhões de hectares de floresta, o que corresponde a 38% do território continental (DGF/IFN 3ª Rev., 2001), o que evidencia a existência de um potencial a ter em consideração em termos de resíduos florestais no País.

Relativamente à distribuição de áreas de povoamentos florestais por espécie dominante, verifica-se que o pinheiro bravo, o sobreiro, o eucalipto e a azinheira são as principais espécies dominantes, que no seu conjunto correspondem a 85% da área nacional de floresta. O pinheiro bravo ocupa uma maior área com cerca de 976.000 ha, na sua maior parte localizados na região Centro e Norte litoral do País (83%). Pode observar-se no Quadro 2.4., a área florestal ocupada pelas principais espécies florestais portuguesas.

Quadro 2.4.- Área florestal ocupada pelas principais espécies portuguesas.

Espécies florestais	Área florestal (%)	Área (1000 ha)
Pinheiro Bravo	30%	976
Pinheiro Manso	2%	78
Outras resinosas	1%	27
Azinheira	14%	462
Carvalhos	4%	131
Castanheiro	1%	41
Eucalipto	21%	672
Sobreiro	22%	713
Outras folhosas	3%	102
Total	100	3.201

Fonte: DGF/IFN 3ª Rev., 2001



Fonte: DGF/IFN , 2001

Figura 2.1.- Evolução da área ocupada pelas principais espécies florestais, considerando as três revisões do inventários florestal nacional.

O Eucalipto é uma espécie que ocupa cerca de 21% da área florestal nacional e cerca de 7,5% do território continental. Nos últimos anos, tem vindo a aumentar a área ocupada por este povoamento florestal no território nacional.

A distribuição das duas espécies referidas é também relativamente complementar. Quando considerados diferentes níveis de altitude, o pinheiro bravo é claramente a espécie principal acima dos 400 metros, por sua vez o eucalipto deixa de ter expressão a partir dos 700 metros. O nível basal (abaixo dos 400 metros) representa cerca de 69% do território e devido a esse facto é nesse nível que se concentram as maiores áreas de pinheiro bravo (56%) e de eucalipto (83%) (Site Celpa, 2003).

Existem ainda povoamentos mistos, cerca de 29% dos mesmos incluem o pinheiro bravo, sendo um valor idêntico verificado no caso do eucalipto.

No ano de 1995, os objectivos de produção dos povoamentos florestais no Continente dividem-se em lenho (55%), produtos lenhosos (43%) e outras funções (2%). Verifica-se que a produção de lenho abrange 1.759.100 ha, sendo a região Centro a que mais contribui para este valor, com cerca de 49% da área de povoamento florestal, seguindo-se a região Norte com um contributo de 25% da mesma. A área de povoamento florestal constitui 96% do total da superfície florestal, uma vez que exclui áreas ardidas, de cortes rasos e outras áreas arborizadas (MADRP, 2001).

2.4.2. Resíduos disponíveis

Neste âmbito, refere-se que elevadas quantidades de resíduos resultam da produção e exploração de recursos florestais. Os resíduos florestais incluem materiais resultantes das operações de corte, desbaste, limpeza e saneamento (madeira de diâmetro reduzido, cepos, cascas, ramos e folhas), normalmente abandonados nos próprios povoamentos. São ainda considerados resíduos florestais os subprodutos da indústria transformadora da madeira e mobiliário.

No âmbito do *Fórum das Energias Renováveis em Portugal*, em 2001, foi apresentada uma definição de biomassa florestal que inclui os materiais lignocelulósicos obtidos da limpeza das florestas, incluindo ramos e bicadas, assim como os matos sob-coberto e em áreas de incultos, sem esquecer a madeira sem valor

comercial proveniente de áreas percorridas por incêndios, e ainda os resíduos e desperdícios das unidades de transformação da madeira que, na situação actual, não podem ser reciclados ou escoados para transformação ou incorporação em produtos de interesse florestal.

Em matéria de quantificação de biomassa e do potencial energético associado, verifica-se que existe alguma dificuldade em conhecer com rigor e em termos actuais os valores disponíveis no País.

Em 1985, foi elaborado um relatório encomendado pela Direcção Geral de Energia à Tecninvest, no qual foi estimada em 3,3 milhões de toneladas verdes o total de resíduos florestais gerados no ano de 1980. Neste âmbito, foram estimadas as quantidades de resíduos florestais gerados na exploração dos principais povoamentos de espécies arbóreas em Portugal, e principais actividades geradoras de resíduos florestais em Portugal e seus contributos em matéria de resíduos, que se apresentam nos Quadros 2.5. e 2.6. que se seguem (Tecninvest, 1985).

Quadro2.5. – Quantidade de resíduos florestais gerados na exploração dos principais povoamentos de espécies arbóreas em Portugal.

Espécie	Quantidade de Resíduos (t / ha)
<i>Pinus pinaster</i> (sem casca)	40 t / ha
<i>Eucalyptus spp</i>	3,4 t / ha
<i>Quercus spp</i>	1,6 t / ha
<i>Quercus suber</i>	1,4 t / ha
<i>Quercus rotundifolia</i>	0,3 t / ha

Fonte: Tecninvest, 1985

Quadro 2.6. – Principais actividades geradoras de resíduos florestais

Actividades		Resíduos (%)
<i>Pinus pinaster</i>	desbaste	14
	corte raso	20,4
<i>Eucalyptus spp</i>	corte	25,7
<i>Quercus suber</i>	poda	25,3
Indústrias transformadoras da madeira		6,2

Fonte: Tecninvest, 1985

Outra referência mais recente, no que respeita aos quantitativos de resíduos de biomassa nacionais, aponta para a existência de 3,7 milhões de toneladas de resíduos verdes, que podem ser utilizados na produção de energia. Este valor representa um potencial energético de 865 ktep (tomando para poder calorífico da madeira seca o valor de 4300 kcal/kg). Neste âmbito, considera-se a biomassa constituída por resíduos florestais e resíduos provenientes da indústria de transformação da madeira (INETI, 2001).

Em 2001, foi desenvolvido, pelo Grupo Temático da “Biomassa” do “Fórum Energias Renováveis em Portugal”, um quadro de referência para a quantificação da biomassa florestal e da sua disponibilidade potencial, tendo sido estimado o potencial de resíduos da floresta e da indústria transformadora da madeira, para produção de energia, que se apresentam nos Quadros 2.7., 2.8. e 2.9.

Quadro 2.7. - Produção de biomassa florestal

Tipo de Resíduos	Quantidade (10 ⁶ toneladas/ ano)
Matos (incultos)	4,0
Matos (sub-coberto)	1,0
Produção de lenhas	0,5
Ramos e bicadas	1,0
Total	6,5

Fonte: Fórum “Energias Renováveis em Portugal”, 2001

Quadro 2.8. – Disponibilidade potencial de biomassa florestal

Tipo de Resíduos	Quantidade (10 ⁶ toneladas/ ano)
Matos	0,6
Biomassa proveniente de áreas ardidas	0,4
Ramos e bicadas	1,0
Total	2,0

Fonte: Fórum “Energias Renováveis em Portugal”, 2001

Quadro 2.9. – Potencial disponível de resíduos da floresta e da transformação da madeira, para produção de energia

Tipo de Resíduos	Quantidade (10⁶ toneladas/ ano)
Floresta	2,0
Indústria transformadora da madeira	0,2
Total	2,2

Fonte: Fórum “Energias Renováveis em Portugal”, 2001

O valor determinado de 2,2 milhões de resíduos florestais e da transformação da madeira, é mais aproximado com o referido no site do *World Energy Council/Energy Information Centre*, que indica uma quantidade de 3 milhões de toneladas destes resíduos disponíveis para o ano de 2001.

Como perspectiva futura, refere-se que, de acordo com a legislação nacional em matéria de resíduos, está prevista a elaboração de um Plano Estratégico dos Resíduos Agrícolas, que será coordenada pelo Instituto dos Resíduos, e deverá incluir um inventário dos resíduos produzidos. Neste contexto, refere-se que existe uma versão preliminar deste Plano, que será futuramente desenvolvida (INR, 2003).

2.5. Quantificação de resíduos de biomassa florestal da Indústria Transformadora da Madeira

No que respeita à caracterização das indústrias de transformação da madeira e mobiliário, da matéria-prima utilizada e dos respectivos resíduos produzidos, refere-se que a caracterização apresentada tem em consideração a informação constante no *Guia Técnico Sectorial da Indústria da Madeira e do Mobiliário*, adjudicado pelo Instituto dos Resíduos ao INETI, fazendo parte integrante do *Plano Nacional de Prevenção da Produção de Resíduos Industriais (PNAPRI)* (INR, 2000).

2.5.1. Caracterização da actividade da indústria de transformação da madeira e mobiliário

Neste contexto, para as actividades industriais e produtos fabricados considerados, de acordo com a Classificação das Actividades Económicas, distinguem-se duas vertentes: as Indústrias da Madeira (CAE 20) e da Fabricação de Mobiliário (CAE

36). Pode observar-se no Quadro 2.10., a estrutura do sector de actividades económicas para as indústrias da madeira e do mobiliário.

Quadro 2.10. - Classificação das Actividades Económicas (CAE-Rev. 2) para as indústrias de transformação da madeira e mobiliário.

Divisão	Subclasse	Actividades da Indústria da Madeira e Mobiliário
20	CAE 20101	Serração da Madeira
	CAE 20102	Impregnação da Madeira
	CAE 20201	Fabricação de Painéis de Partículas de Madeira
	CAE 20202	Fabricação de Painéis de Fibras de Madeira
	CAE 20203	Fabricação de Folheados, Contraplacados, Lamelados e de Outros Painéis
	CAE 20301	Parqueteria
	CAE 20302	Carpintaria
	CAE 20400	Fabricação de Embalagens de Madeira
	CAE 20511	Fabricação de Caixões Mortuários em Madeira
	CAE 20512	Fabricação de Outras Obras de Madeira
36	CAE 36110	Fabricação de Cadeiras e Assentos
	CAE 36120	Fabricação de Mobiliário para Escritório e Comércio
	CAE 36130	Fabricação de Mobiliário para Cozinha
	CAE 36141	Fabricação de Mobiliário de Madeira para outros fins

Fonte: INETI, 2000 (DL 182/93, de 14 de Maio).

Em Portugal Continental, existem 6.819 empresas no sector da indústria da madeira e do mobiliário. Verifica-se que a maioria das empresas deste sector se localizam no Norte do País (60%), seguindo-se a região Centro e de Lisboa e Vale do Tejo com o mesmo valor de 18% do total de empresas do sector (Ministério do Trabalho e da Solidariedade, 1997). Acresce referir que no Arquipélago dos Açores e da Madeira existem, 102 e 77 empresas do sector respectivamente (INETI, 2000).

No País, o Sector do Mobiliário é maioritário com 52,8% do sector, seguindo-se o subsector da Carpintaria com 35,3% e o subsector da Serração com 10,7%.

2.5.2. Quantificação da Matéria-Prima consumida

O consumo e rendimento médio de utilização de matéria-prima no sector da madeira e mobiliário em 1998, pode observar-se no Quadro 2.11.

Quadro 2.11- Consumo e rendimento de utilização da matéria-prima por subsector (1998).

Subsectores	Consumo de matéria-prima (m3/ano)	Estimativa do rendimento de utilização da matéria-prima (%)
Serração	2.941.176(*)	40
Impregnação	14.615	88
Painéis e Folheados	1.960.784(**)	92
Parqueteria	216.667	32
Carpintaria	871.765	65,5
Mobiliário	492.533	60,5

Fonte: INETI 2000.

(*)- matéria-prima sem casca

(**) Inclui os subprodutos do subsector da Serração (cerca de 1.137.255 m³), os desperdícios/resíduos para reciclagem (cerca de 196.078 m³) e madeira nova sem casca (cerca de 627.451 m³).

2.5.3. Quantificação dos resíduos da indústria transformadora da madeira

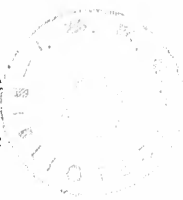
Na indústria da Madeira e Mobiliário é produzido anualmente um elevado quantitativo de resíduos de madeira, sob variadas formas, que são passíveis de ser valorizáveis em diversas utilizações, designadamente no aquecimento, como matéria-prima para a indústria de aglomerados e contraplacados e sectores agrícola, florestal, avícola e pecuária (INETI, 2000).

Em 1998, os resíduos de madeira produzidos neste sector foram de cerca de 3 195 684 m³ de resíduos de madeira, cuja distribuição por subsector se apresenta no Quadro 2.12.

Quadro 2.12: Distribuição dos resíduos de madeira por subsector (1998).

Subsector	Quantidade Anual (m ³)	Distribuição Percentual dos resíduos (%)
Serração	1 075 000	33.6
Impregnação	3 840	0.1
Painéis e Folheados	1 474 200	46.1
Parqueteria	147 334	4.6
Carpintaria	300 759	9.4
Mobiliário	194 551	6.1
Total	3 195 684	100

Fonte: INETI, 2000



Aproximadamente 80% dos resíduos de madeira são produzidos pelos subsectores de Serração e dos Painéis e Folheados, contribuindo este último sector com cerca de 50% desses resíduos. Relativamente aos restantes resíduos produzidos pelos subsectores do mobiliário, da carpintaria, dos painéis e da preservação, por vezes existem dificuldades no que refere ao seu encaminhamento para destino final (INETI, 2000).

Procede-se à identificação dos resíduos produzidos nas diferentes operações produtivas nos subsectores mais representativos, de serração de madeira e de painéis e folheados, e à sua classificação de acordo com o Catálogo Europeu de Resíduos (CER), que se apresentam nos Quadros 2.13. e 2.14.

Refere-se que o Catálogo Europeu de Resíduos deixou de estar em vigor, tendo sido substituído pela Lista Europeia de Resíduos – LER através da publicação de quatro Decisões da Comissão Europeia em Jornal Oficial das Comunidades Europeias.

Quadro 2.13 - Relação entre as operações produtivas, os resíduos e os efluentes líquidos gerados no subsector da Serração de Madeira (CAE 20101).

Operação	Efluentes e resíduos gerados	Código CER
Descasque	Casca	03 01 01
Serragem	Serradura	03 01 02
	Aparas, costaneiras	03 01 03
Desdobramento	Serradura	03 01 02
	Aparas	03 01 03
Alinhamento/ Galgamento	Serradura	03 01 02
	Aparas, Fitas (Tiras)	03 01 03
Preservação temporária (imersão/aspersão)	Resíduos de produto de preservação	03 02 00 ^(*)
	Lamas do tanque de preservação (madeira, areia e poeiras acumuladas)	03 01 99
	Efluente líquido da lavagem dos tanques de preservação	-----
Secagem Natural	Água escorrente da chuva com taninos	-----
	Agente de preservação lixiviado	03 02 00 ^(*)
Secagem	Escorrências de agente preservante	03 02 00 ^(*)
	Água escorrente com taninos	-----
Traçagem	Serradura	03 01 02
	Retestos	03 01 03
Desengrosso	Aparas	03 01 03
	Serradura	03 01 02
Aparelhamento	Aparas	03 01 03
	Serradura	03 01 02
Perfilagem	Aparas	03 01 03
	Serradura	03 01 02

(*) Contém associadas algumas classificações subseqüentes

Nota: Segundo o Ofício ref. SRR.206 de 3/8/98 do Instituto dos Resíduos, considera-se que os materiais costaneiras, serrim, serradura, aparas, fitas e resíduos de madeira produzidos na actividade das indústrias de serração poderão ser considerados como subprodutos desde que cumulativamente obedeçam aos seguintes requisitos:

- sejam resultantes da serração da madeira ainda não submetida a primeira utilização,
- estejam isentos de qualquer contaminante;
- sejam sujeitos a um circuito comercial e económico perfeitamente definido;
- sejam directa e completamente utilizados como matéria-prima no processo.

Fonte: INETI, 2000

Quadro 2.14: Relação entre as operações produtivas, os efluentes e os resíduos gerados nos subsectores de Fabricação de Painéis de Fibras e de Partículas de Madeira e Fabricação de Folheados, Contraplacados, Lamelados e de Outros Painéis (CAE 20201, 20202, 20203).

OPERAÇÃO	EFLUENTES E RESÍDUOS GERADOS	CÓDIGO CER
Remoção de metais	Metais	20 01 05
Estilhagem	Resíduos de madeira	03 01 03
Lavagem da estilha	Efluente líquido Lamas	-- 03 01 99
Desfibragem	Efluente líquido	--
Armazenagem	Resíduos de madeira	03 01 03
Secagem	Água escorrente com taninos	--
Moagem	Serradura	03 01 02
Crivagem da estilha	Finos da estilha	03 01 02
Formação do colchão	Resíduos de madeira	03 01 03
Prensagem	-	--
Arrefecimento/ estabilização	-	--
Calibragem	Resíduos de madeira	03 01 03
Lixagem	Pó de madeira	03 01 99
Revestimento	Resíduos de folhas de revestimento (madeira, melamínica, PVC ou fórmica)	03 01 03
Orlagem	Resíduos de orlas (orlas de madeira, melamínica, PVC ou fórmica)	03 01 03
Traçagem	Serradura Retestos	03 01 02 03 01 03
Corte	Aparas Serradura	03 01 03 03 01 02
Descasque	Casca	03 01 01
Cozimento	Efluente líquido de cozimento com taninos e outras substâncias orgânicas	--
Corte plano	Aparas Serradura	03 01 03 03 01 02
Desenrolamento	Aparas	03 01 03
Junção de folhas	Resíduos de cola	08 04 04
Aplicação de cola	Resíduos de cola	08 04 04
Composição	--	--

Fonte: INETI, 2000

A estimativa das quantidades de resíduos de madeira, produzidos nos vários subsectores da indústria da madeira e do mobiliário, no ano de 1998, é apresentada de seguida (INETI, 2000):

- 178 023 t/ano no subsector da serração;
- 842 t/ano no subsector de impregnação;
- 112 941 t/ano no subsector de painéis e folheados;
- 70 720 t/ano no subsector da parquetaria;
- 144 364 t/ano no subsector da carpintaria;
- 93 384 t/ano no subsector do mobiliário.

Deste modo, o quantitativo global de resíduos de madeira produzidos é de 600 274 t/ano (INETI, 2000).

No âmbito do Grupo de Trabalho da “Biomassa” do “Fórum Energias Renováveis em Portugal” é apresentado um quadro de referência da produção de resíduos de biomassa florestal (ver sub-capítulo 2.4.2), que aponta para um quantitativo de 200.000 toneladas de resíduos produzidos pela indústria transformadora de madeira. Nesta sequência, por comparação deste valor com a estimativa apresentada pelo INETI, no Guia Sectorial do PNAPRI, refere-se que o primeiro valor referido é relativamente baixo quando comparado com o potencial estimado no Guia Sectorial de 600 274 t/ano.

2.5.4. Utilizações de Resíduos da indústria da transformação da madeira

Em 1985, foi elaborado um relatório encomendado pela Direcção Geral de Energia à Tecninvest. Neste âmbito, foram identificadas as actividades relacionadas com o aproveitamento de resíduos florestais, entre as quais se destaca as próprias indústrias de transformação da madeira e de mobiliário, bem como indústrias de lacticínios, de conservas de fruta e legumes, de óleos alimentares, de têxteis de lã e algodão, de refractários e de panificação.

Refere-se que de acordo com o estudo elaborado, no ano de 2002, pelo Centro da Biomassa para a Energia, relativo à *Valorização de Resíduos Florestais em Concelhos da Cova da Beira e da Beira Interior Sul*, foi efectuada uma identificação e caracterização do mercado actual e potencial de biomassa residual nos Concelhos referidos. Para o efeito, realizaram um inquérito aos diversos sectores de actividade da indústria consumidora de resíduos florestais. Como resultados do inquérito,

verificou-se que cerca de 79% dos resíduos produzidos anualmente na indústria transformadora da madeira têm um escoamento assegurado (CBE, 2002).

Verificou-se que apenas uma pequena parte é auto-utilizada para fins energéticos. Esta operação resulta da necessidade de alguns sectores têm de aquecimento, para facilitar a secagem de colas e vernizes ou para secagem de madeiras em estufas (CBE, 2002).

Referem que apenas a estilha e as costaneiras são comercializadas na totalidade (CBE, 2002).

Relativamente à comercialização destes resíduos pelos sectores da indústria transformadora da madeira, referem que os mesmos têm aplicação para fins industriais, sendo utilizados essencialmente como matéria-prima (62,9%) e para fins energéticos (37%) (CBE, 2002). No âmbito deste levantamento, a indústria cerâmica foi a responsável pela recepção do maior quantitativo de resíduos para fins energéticos (CBE, 2002).

Relativamente aos resíduos consumidos pelos diversos sectores de actividade, destacam-se a sua utilização em carpintarias, fabricação de tijolos e telhas, indústria de mobiliário, panificação e transformação de oleaginosas.

Entre as várias utilizações dos resíduos/subprodutos pode distinguir-se a sua utilização por outras indústrias ligadas à construção de móveis (por exemplo de contraplacado), ou ainda no fabrico de briquetes, aproveitamento energético ou de calor, etc.

A produção de briquetes é obtida através de uma prensagem a quente dos desperdícios de madeira no cone de compressão de uma prensa. Formam-se cilindros de madeira compactada (briquetes) que são utilizados como combustível de alto poder calorífico (Quercus, 2000).

O objectivo desta aplicação é o aproveitamento dos desperdícios de madeira como combustível (de fonte endógena) de alto poder calorífico para utilização doméstica e industrial, permitindo a redução do espaço ocupado por esse tipo de materiais. Existindo ainda uma redução do volume da quantidade de madeira facilitando ainda o seu transporte (Quercus, 2000).

Outra utilização considerada consiste na valorização interna dos resíduos produzidos pela indústria de transformação da madeira. Os resíduos da serração de madeira (não contaminada com outros materiais: solventes, óleos, plásticos, etc.) podem ser utilizados em caldeiras para a produção local de energia eléctrica através de vapor.

2.6. Caracterização da biomassa florestal residual e factores condicionantes da sua valorização

A biomassa florestal deverá ser utilizada prioritariamente como matéria-prima para as diversas indústrias, e só depois deverá ser equacionado o seu uso para produção de energia.

Note-se que de acordo com o entendimento do Instituto dos Resíduos, através do despacho ao ofício datado de 3/8/98, devem ser considerados como sub-produtos todos os materiais (costaneiros, serrim, serradura, aparas, fitas e resíduos de madeira) que resultem de uma primeira transformação não sujeitos a utilização, que não integrem qualquer contaminante, estejam sujeitos a um circuito comercial e económico perfeitamente definido e, por último sejam utilizados de forma directa e completa como matéria-prima no processo.

Podem ser considerados sub-produtos os resíduos resultantes das indústrias de serração de madeiras e cortiça, desde que satisfaçam conjuntamente as condicionantes referidas (INR, 1998).

Em síntese pode referir-se que existem três linhas de matérias que podem ser consideradas para fonte de energia e são os provenientes da produção florestal, das actividades industriais de 1ª e 2ª transformação e as da finalização do seu ciclo de vida (DGF, 2000).

Refere-se que podem ainda ser classificados como lenhosos e não-lenhosos, assumindo especial importância no contexto da floresta, os provenientes de Pinheiro bravo e manso, Eucaliptos, Sobreiros e Azinheiras. São ainda considerados material lenhoso, embora não abrangidos neste âmbito, os materiais resultantes da actividade agrícola, principalmente culturas perenes, tais como, pomar, vinha e olival (DGF, 2000).

De acordo com informação fornecida num Curso sobre *Produção de Energia a partir de Biomassa para o Aquecimento de Edifícios*, que teve lugar no Centro de Biomassa para a Energia, em 17 de Dezembro de 2002, no que respeita à utilização de biomassa como combustível, existem alguns parâmetros que interessa controlar, nomeadamente a granulometria, a densidade, a humidade e o poder calorífico (CBE, 2002).

A granulometria tem especial interesse pois é um indicativo da homogeneidade de tamanho e forma. Nesta sequência, quanto menor for a granulometria, maior será a superfície de contacto e, por sua vez, a velocidade de combustão.

No que respeita a densidade, este factor vai estar directamente dependente da massa volúmica, uma vez que a densidade consiste na comparação da massa volúmica do combustível com a massa volúmica da água, que tem o valor de 1. Deste modo, a densidade será adimensional, mas terá o valor da massa volúmica, que corresponde à massa do combustível (em kg), sobre o volume ocupado (em m³). Acresce referir que o factor densidade assume especial importância em termos de transporte e armazenamento do combustível.

O factor humidade pode ser definido como o teor em água de uma amostra, podendo ser expresso como a percentagem de água relativa à base seca ou como a percentagem de água relativa à base tal-qual. As duas definições podem interrelacionar-se, partindo do zero, refere-se que, no máximo, quando a humidade em base tal-qual apresenta um valor de 50%, a humidade em base seca apresenta um valor de 100% (CBE, 2002).

A importância do controle da humidade deve-se essencialmente ao facto de influenciar o poder calorífico de forma inversamente proporcional. Refere-se igualmente a influência do factor humidade em termos de quantidade de material combustível e do seu respectivo transporte (CBE, 2002).

Neste contexto, refere-se que o poder calorífico de um combustível sólido, líquido ou gasoso, corresponde à energia libertada no processo de combustão por unidade de massa de combustível (CBE, 2002). O poder calorífico de um sólido depende da sua composição química e da sua humidade (Ortíz, 1994).

O poder calorífico dum combustível pode distinguir-se em poder calorífico superior e inferior.

O poder calorífico superior de um combustível consiste na quantidade de calor libertado na combustão completa de 1 kg de combustível sólido ou líquido ou de 1 m³ de combustível gasoso. Este é expresso em Kcal/kg ou Kcal/m³ (Ortiz, 1994).

O poder calorífico superior na sua definição inclui o calor latente correspondente ao hidrogénio contido no combustível e à água, caso exista humidade no mesmo. Em contrapartida, o poder calorífico inferior não contabiliza a contribuição do calor latente (CBE, 2002). As unidades mais comuns para expressão do poder calorífico são J/kg, cal/kg ou BTU/lb (British thermal units/pounds) (CBE, 2002)

Uma vez que todos os combustíveis incluem na sua composição compostos químicos de carbono e hidrogénio, quando ocorre a sua combustão, verifica-se que o carbono e hidrogénio vão combinar-se com o oxigénio, originando dióxido de carbono e água. Acresce referir que uma parte da energia libertada na combustão é utilizada para transformar a água em vapor e, deste modo, é frequentemente perdida. A quantidade de energia utilizada para transformação de água em vapor é contabilizada no poder calorífico superior, não sendo, no entanto, incluída no poder calorífico inferior (IEA, 2003). O poder calorífico inferior pode ser definido como a quantidade de energia utilizável libertada, sob a forma de calor, quando o combustível é sujeito a combustão em condições semelhantes às que é usado habitualmente (IEA, 2003).

Acresce referir que o poder calorífico superior pode ser determinado experimentalmente. Em Portugal, é efectuada a determinação do PCS, nomeadamente no Centro da Biomassa para a Energia, com recurso a um calorímetro isoperbólico, que tem como referência a norma ASTM D 1989-95. O poder calorífico superior pode ser calculado através da seguinte equação (CBE, 2002):

$$\text{PCS (kJ/kg)} = ((t \cdot E) - e_1 - e_2) / m \cdot 4,1868,$$

Sendo: t – o aumento de temperatura,

E – a constante do calorímetro,

e₁- desconto do fusível e

e₂ - desconto da produção de H₂SO₄.

Por sua vez, o cálculo do poder calorífico inferior (PCI) é obtida através da seguinte fórmula: **PCI=PCS – 5,72 *4,1868 (Hid_{tq}*9),**

sendo Hid_{tq}=(Hid_{bs}*(100-H_{tq})/100)+0,1119*H_{tq},

H_{tq} - % de humidade,

H_{tq} - % de hidrogénio na amostra tal-qual e

Hid_{bs}- % de hidrogénio na amostra seca.

Deste modo, verifica-se que quer a humidade, quer o teor de hidrogénio, vão variar de forma inversamente proporcional com o poder calorífico.

Nesta sequência, apresenta-se no Quadro 2.15, que se segue, os valores de poder calorífico determinados, experimentalmente no Centro de Biomassa para a Energia, para diferentes resíduos de biomassa florestal (CBE, 2002).

Quadro 2.15- Valores de poder calorífico determinados experimentalmente no Centro de Biomassa para a energia.

Origem dos Resíduos	Tipo de Resíduo		Humidade (%)	PCS (MJ/kg)	PCI (MJ/kg)
Exploração Florestal	Pontas e ramos de Pinheiro Bravo		50	10,9	9,07
	Pontas e ramos de Eucalipto		39	12,3	10,5
	Acácia		49	10,9	9,04
	Matos	Tojo	53	9,00	7,09
		Giesta	46	12,00	10,2
		Silvas	51	9,92	8,10
		Urze	38	12,5	10,8
		Carqueja	32	15,0	13,3
		Esteva	29	13,4	11,8
Indústria Transformadora da Madeira	Casca de Pinheiro Bravo		23	17,7	16,1
	Casca de Eucalipto		44	11,2	9,43
	Serrim e fitas		22	17,3	15,8

Fonte: CBE, 2002

De acordo com o referido por Ortiz , pode ser calculado de uma forma aproximada e rápida os diferentes poderes caloríficos superior (PCS) e inferior (PCI), a partir da composição elementar da biomassa (carbono, hidrogénio, oxigénio e Enxofre num peso único sobre a matéria seca), utilizando as seguintes expressões:

$$PCS = 8.100 C + 34.000 (H-O/8) + 2.500 S$$

$PCI = (PCS - 585 (h+0,54)) / (1 + h)$ e tendo em conta que a relação entre a fracção de humidade em base húmida (H) e em base seca (h) é a seguinte: $H = (h / 1 +h)$ e $h = (H / 1-H)$, deduz-se a seguinte expressão: $PCI = PCS (1 - H) - 269 H - 316$ (Ortiz, 1994).

Apresenta-se também um modelo de cálculo do poder calorífico inferior (PCI) da biomassa florestal (Bernardo, 1991).

A determinação do poder calorífico inferior (PCI) reveste-se de fundamental importância no dimensionamento das cargas de combustíveis sólidos para queima em caldeiras ou outro tipo de queimadores. No caso da biomassa florestal, esta determinação ainda tem maior relevo se considerarmos a enorme amplitude de variação nos teores de humidade encontrados (Bernardo, 1991).

O valor do PCS de *per si* não tem interesse, por se tratar de um valor teórico e não representativo de uma transferência real de calor. O calor recuperável só pode ser conhecido com uma razoável aproximação se for possível determinar o PCI do combustível (Bernardo, 1991).

Os valores do PCS da biomassa florestal são valores médios bibliográficos e pretendem servir de base para o modelo de cálculo do PCI, podendo ser modificados ou preteridos por outros sempre que este procedimento se justifique. Estes valores são apresentados no Quadro 2.16.

Quadro 2.16 – Valores médios bibliográficos de poder calorífico superior.

Tipo de combustível	PCS Médio	
	Madeira	Casca
Resinosas em geral	4894 Kcal/Kg	5007 Kcal/Kg
Resinosas norte americanas	4881 Kcal/Kg	5017 Kcal/Kg
Resinosas nacionais	5010 Kcal/Kg	5149 Kcal/Kg
Pinheiro	5085 Kcal/Kg	5445 Kcal/Kg
Pseudotsuga	4935 Kcal/Kg	5434 Kcal/Kg
Folhosas em geral	4637 Kcal/Kg	4503 Kcal/Kg
Folhosas norte americanas	4629 Kcal/Kg	4503 Kcal/Kg
Folhosas nacionais	4546 Kcal/Kg	-
Choupo	4353 Kcal/Kg	-
Carvalho	4620 Kcal/Kg	-
Faia	4773 Kcal/Kg	-
Resina	9437 Kcal/Kg	
Carvão de madeira	7000 Kcal/Kg	
Lenhite	4300 Kcal/Kg	

Fonte: Bernardo, 1991.

Para se efectuar o balanço calorífico dos combustíveis, por exemplo na sua queima para aquecimento da água de uma caldeira, tentando quantificar o calor libertado pelas várias parcelas que o absorvem (calor absorvido pelo fluído da caldeira, calor perdido para secar o gás de combustão, calor perdido devido à humidade do combustível, calor perdido para vaporizar a água formada resultante da combustão do oxigénio, calor perdido por combustão incompleta e calor perdido por radiação) (Bernardo, 1991).

Em seguida, procedeu à quantificação de cada uma destas parcelas, para obtenção do valor de PCI.

1. Não é conhecida a quantidade de calor dispendido para secar o gás de combustão, pelo que teremos de desprezar esta parcela até encontrarmos resultados credíveis.
2. A presença de humidade no combustível é responsável por uma significativa perda de calor para o aquecimento do fluído. A sua contabilização pode ser efectuada pela soma de várias parcelas.
3. A quantidade de calor necessária à vaporização da água produzida pela combustão do hidrogénio componente do combustível, pode ser avaliada em 302 Kcal, como valor médio, para qualquer humidade e para a generalidade da biomassa florestal (2).
4. O calor perdido por combustão incompleta e por radiação, tem um valor máximo de 4% do PCS (1), sendo esse valor adoptado para este modelo.

O balanço geral pode ser escrito da seguinte forma (Bernardo, 1991):

$$PCS - (PCS * 0,04) - 302 - 245 h - 13 h$$

Simplificando obtém-se: $0,96 * PCS - 258 * h - 302 = PCI'$, que ainda não é o verdadeiro PCI.

Designando por:

ps – peso da madeira anidra (0% de humidade)

pa - peso da água contida na madeira e

sendo válidas as seguintes igualdades: $h = pa/ps$ e $l = pa + ps$

temos que,

$$PCI = \frac{PCI' \cdot (1 - pa)}{1}$$

$$PCI = \frac{PCI' \cdot ps}{ps + pa}$$

$$PCI = \frac{PCI'}{1 + h} \quad [\text{Kcal/Kg}]$$

A fórmula final do PCI será então:

$$PCI = \frac{PCS \cdot 0,96 - h \cdot 258 - 302}{1 + h}$$

Este modelo precisa apenas de dois dados de entrada, o valor PCS do combustível e o valor de humidade do mesmo. Para validade do modelo, aplicado apenas à biomassa florestal, têm-se como premissa que os teores em cinza têm de ser inferiores a 4% (Bernardo, 1991).

Relativamente à determinação da humidade em base seca, refere-se que o teor de humidade indica a quantidade de água que ele contém, exprimindo-se em percentagem de humidade em relação ao seu peso seco. A sua avaliação deve ser feita segundo uma base normalizada, que envolva um processo de amostragem, secagem e pesagem do material (Bernardo, 1991).

Neste contexto, refere-se que existem grandes vantagens na utilização da biomassa no aproveitamento energético, quando comparada com outros combustíveis sólidos como o carbono. As características da biomassa, que oferecem um grande potencial para processos de conversão termoquímica, discriminam-se em seguida (Ortíz, 1994):

1. Alta volatilidade, uma vez que a biomassa contém uma proporção de voláteis entre 70 a 90%, comparativamente ao carbono típico que contém 30 a 45%. Por este motivo, a gaseificação é eficiente e rentável.
2. Baixo teor em enxofre - A madeira contém menos 0,2% de enxofre do que o carbono, o que torna possível a sua reacção em presença de catalizadores,

sem que ocorram problemas resultantes da presença deste elemento. Além disso, a ausência de enxofre proporciona uma maior vida útil aos motores.

3. Baixo teor em azoto - A biomassa em geral apresenta teores de azoto reduzidos. Contudo, deve-se ter em conta que quando se opera a elevadas temperaturas ($> 1.200\text{ }^{\circ}\text{C}$), a existência de chamas pode dar origem a quantidades apreciáveis de óxidos de azoto. No entanto, para minimizar o possível problema de emissões, é necessário operar a temperaturas inferiores a 1.000°C , e / ou utilizar processos sem origem de chamas.
4. Baixo teor em cinzas – A biomassa limpa e sem contaminantes apresenta um teor em cinzas minerais que, geralmente, se situa em valores da ordem de 0,5% a 3%, comparativamente com o carbono que pode chegar a ter valores de 5%. No entanto, em alguns casos, o conteúdo em cinzas pode atingir valores entre 5 e 10%.

As principais limitações ao aproveitamento energético da biomassa florestal consistem na dispersão dos resíduos, na grande heterogeneidade de tamanho, forma e granulometria dos resíduos, elevado teor de humidade e a baixa densidade, dificuldades de transporte, manuseamento, elevados custos de extracção e presença de produtos indesejáveis (pedras, areia e metais) (Ortíz, 1994).

Acresce referir que a baixa densidade destes resíduos vai encarecer o transporte, o que implica que o mesmo só se faça de forma rentável para pequenas distâncias ou na proximidade da sua produção. Para o efeito, podem equacionar-se práticas de compactação ou estilhaçamento no local de recolha do material vegetal, de modo a rentabilizar economicamente o transporte e evitar um acréscimo da circulação rodoviária (Site Naturlink, 2003).

Outro factor importante a ter em conta resulta do facto de após o aproveitamento da biomassa florestal, é necessário que a vegetação que permaneça no local consiga assegurar a protecção dos solos e a manutenção dos habitats (Site Naturlink, 2003).

Outra questão prende-se com o facto de grande parte dos produtores de resíduos florestais não se encontrar sensibilizada para a sua utilização energética, deste modo

será necessário proceder a uma maior divulgação e criação incentivos para fomentar esta prática.

Outra condicionante à valorização de resíduos florestais residuais resulta da falta de um levantamento nacional para identificação do potencial de utilização de biomassa, o que condiciona possíveis investimentos financeiros (Site Naturlink, 2003).

Refere-se no entanto que as indústrias de transformação da madeira geram grandes quantidades de resíduos (30 a 50 % da madeira utilizada), que apresentam características vantajosas para o aproveitamento energético comparativamente com os resíduos florestais, nomeadamente constituem uma produção concentrada e avaliável, por sua vez, o tamanho dos resíduos pode ser mais homogéneo e o teor de humidade pode, em alguns casos, ser menor. Contudo, na maioria dos casos, vão persistir os problemas mencionados para os resíduos florestais (Ortíz, 1994). Pelos motivos explanados, é necessário efectuar uma série de transformações na biomassa residual para a sua conversão em combustíveis de qualidade, existindo uma série de equipamentos e tecnologias para o efeito.

2.7. Tecnologias disponíveis para valorização de biomassa florestal residual

O trabalho desenvolvido na diversificação das fontes energéticas torna possível a criação de um contexto propício ao desenvolvimento de novas tecnologias energéticas e novos produtos combustíveis, nos quais se enquadra a produção de combustíveis a utilizar através de processos termoquímicos (Franco *et al*, 2001).

Verifica-se que existe tecnologia disponível que visa a utilização destes resíduos, podendo a mesma ser utilizada no sector doméstico, de serviços ou indústria, para produção de água quente e vapor e/ou energia (CEEETA, 1995).

A nível nacional, têm vindo a ser estudado pelo INETI processos de combustão/incineração e gaseificação recorrendo ao leito fluidizado (Franco *et al*, 2001). Este processo é mencionado no Plano Espanhol de Fomento das Energias



Renováveis como muito eficiente e que deverá ser implementado a uma maior extensão.

Neste contexto, refere-se que a biomassa pode ser sujeita a processos termoquímicos, por recurso à combustão, gaseificação, pirólise ou liquefação. A aplicação de cada um destes métodos depende da composição do resíduo que se quer tratar e dos produtos que se pretendem obter, devendo também ser considerada a viabilidade técnica, ambiental e económica da aplicação de cada um destes processos aos resíduos a processar (Franco *et al*, 2001).

Relativamente ao processo de combustão, refere-se que deverá ser completo e eficiente para que a madeira constitua um combustível ambientalmente desejável. Para uma eficiente utilização de energia, o processo de combustão deverá assegurar a completa destruição da madeira e evitar a produção de compostos ambientalmente indesejáveis (Centre for Biomass Combustion, 1999).

Para se obter uma combustão contínua, existem factores que condicionam o processo:

- Deverá existir uma taxa de controlo do combustível e do oxigénio;
- Chama iniciadora da caldeira de combustão deverá transferir algum calor para o interior do alimentador de forma a assegurar que o processo de combustão seja contínuo (Centre for Biomass Combustion, 1999).

Na combustão da madeira, cerca de 80% da energia é libertada sob a forma de gás e a parte remanescente encontra-se sob a forma de carvão vegetal.

A mistura do combustível com o ar deve permitir um contacto eficiente entre o oxigénio do ar e os constituintes da madeira. Quanto maior for a superfície de contacto, mais rápida e completa é a combustão. Nesta sequência, pode ser necessário estilhaçar a madeira em partículas muito pequenas (Centre for Biomass Combustion, 1999).

O combustível deverá passar por três estádios de combustão:

- secagem;
- gaseificação e combustão;

- esgotamento do carvão vegetal.

A biomassa é principalmente utilizada para produção de energia através de processos de combustão. Os processos de combustão e de gaseificação não são substancialmente diferentes. Um processo pode resultar em combustão ou gaseificação dependendo do rácio de ar que é introduzido. No processo de combustão, verifica-se uma total ou parcial oxidação do carbono e hidrogénio, que converte a energia química da biomassa em calor. Durante a combustão, a matéria orgânica vai sendo decomposta a elevadas temperaturas (500 – 800°C), em excesso de oxigénio, produzindo dióxido de carbono, água e cinzas (Ortíz, 1994). Vai ocorrer primeiramente uma fase de secagem, seguida da pirólise/gaseificação, ignição de substâncias voláteis e combustão do carvão (CEEETA, 1995).

Neste contexto, refere-se mais detalhadamente que o aquecimento da madeira vai inicialmente conduzir a uma evaporação da água da superfície da madeira. Nesta sequência, podem ocorrer duas situações: - a gaseificação, que ocorre à superfície da madeira e - a pirólise, que resulta do aquecimento do combustível sem introdução de um meio de gaseificação. A temperatura no interior da madeira vai aumentar como resultado da evaporação da humidade no seu interior. À medida que a água evapora, a área de pirólise vai aumentando no interior da madeira (Centre for Biomass Combustion, 1999).

O gás produzido sobre ignição acima do combustível transfere o calor para a evaporação e pirólise em curso, verificando-se um processo contínuo de combustão. A madeira gaseificada transforma-se em carvão incandescente, transformado pelo oxigénio, tendo como resultado cinzas (Centre for Biomass Combustion, 1999).

A optimização da combustão depende do controle efectivo da admissão do agente oxigénio, através do ar. A introdução de ar pode ocorrer a dois níveis: - o ar primário que atravessa o combustível e assegura a sua pirólise e a combustão dos resíduos de carbono; - ar secundário, que não se mistura com o ar primário, mas que assegura a queima dos gases libertados durante a pirólise (CEEETA, 1995).

Podem ainda referir-se, como factores que influenciam a eficiência do processo de combustão, o tipo de combustível e suas características, condições de operação

(temperatura, taxa de fornecimento de ar, etc), tipo de caldeira, entre outras (Ortíz, 1994).

No processo de gaseificação, a biomassa quando sujeita à acção do calor, na presença de quantidades controladas de agentes oxidantes, é degradada por acções térmicas obtendo-se como produto final principal um combustível gasoso, constituído por hidrogénio, monóxido e dióxido de carbono, vapor de água, entre outros, conforme se especifica a seguir. A conversão é realizada a temperaturas elevadas, em presença de um agente de gaseificação, como o ar, o oxigénio ou o vapor (Franco *et al*, 2001).

Este processo tem como objectivo a conversão do potencial de energia de um combustível sólido num produto gasoso, cujo conteúdo de energia tenha a forma de energia química, que pode gerar trabalho. Consequentemente, este produto gasoso apresenta algumas vantagens, nomeadamente o fácil manuseamento, uma combustão mais eficiente devido ao menor excesso de ar, uma menor deposição de resíduos nas superfícies de troca e calor, e as aplicações opcionais nas máquinas de combustão interna, turbinas de gás e unidades de co-geração (CEEETA, 1995).

Num processo de gaseificação, a biomassa (madeira, resíduos florestais, agrícolas, etc) é sujeita a uma sequência complexa de reacções, as quais desenvolvem sucessivas fases como a secagem, a pirólise e a gaseificação (Franco *et al*, 2001).

1ª fase: Secagem (biomassa húmida -> biomassa seca + vapor de água)

2ª fase: Pirólise (biomassa -> resíduo carbonoso, CO, CO₂, H₂, hidrocarbonetos, etc)

3ª fase: Gaseificação (carbono + vapor de água -> CO + H₂



O gás é constituído por uma mistura gasosa contendo essencialmente monóxido de carbono e hidrogénio, e também metano e dióxido de carbono em quantidades apreciáveis, sendo ainda emitidas outras substâncias, como hidrocarbonetos mais pesados, os quais apresentam normalmente quantidades diminutas. Se o processo de

gaseificação se realiza ao ar, então o gás produzido terá também azoto na sua constituição, o que reduzirá o poder calorífico (Franco *et al*, 2001).

A tecnologia de combustão da biomassa tem tido uma boa evolução nestes últimos anos, principalmente no que respeita ao desenvolvimento de novos sistemas de combustão e a adaptação de sistemas de alimentação automática para vários tipos de biomassa. A biomassa florestal é principalmente aplicada em unidades de produção de calor que requerem uma alimentação regular automática do combustível, que pode ser usada quase como um combustível clássico devido às suas dimensões homogéneas (CEEETA, 1995).

Os equipamentos normalmente disponíveis no mercado apresentam uma grande variedade de requisitos energéticos com produções satisfatórias, os mesmos podem ser adaptados aos vários tipos de biomassa transformando-a para produção energética, de calor, isto é, sob a forma de trabalho ou electricidade. O calor pode ser utilizado para aquecimento, produção de água quente e vapor. No sector doméstico e de serviços, a biomassa é queimada para aquecimento do ambiente, produção de água quente doméstica ou armazenamento a frio, através de equipamento de absorção. Na indústria, o leque de aplicações varia desde a secagem até à produção simultânea de energia térmica e electricidade através de turbinas a vapor (CEEETA, 1995).

Em termos de produção de energia de forma directa ou indirecta, as opções tecnológicas que se colocam podem ser mais ou menos sofisticadas, justificando-se em termos ambientais e energéticos sistemas combinados de elevada eficiência, que incorporem soluções favoráveis em termos de minimização do impacte ambiental. Algumas tecnologias encontram-se já em avançado estado de desenvolvimento, encontrando-se aptas a serem transferidas para o sector empresarial (Franco *et al*, 2001).

Relativamente à combustão, o INETI tem estudado a aplicação da tecnologia do leito fluidizado ao processamento de resíduos de biomassa com diferenças em termos de proveniência e composição. A tecnologia de leito fluidizado apresenta vantagens relativamente a outros sistemas de incineração, uma vez que nos reactores de leito fluidizado existe maior turbulência na combustão, o que permite um eficiente

contacto ar/resíduo e elevados coeficientes de transferência de calor. Deste modo, as temperaturas de combustão são mais baixas (750 a 900 °C), o que limita a formação de NO_x e elimina a volatilização de sais alcalinos (Franco *et al*, 2001). Pelo INETI, foi ainda referida que a pirólise, que consiste no aquecimento da matéria-prima na ausência de oxigénio, resultando dessa decomposição térmica da matéria orgânica a formação de um gás, um líquido e um sólido, os quais podem ser usados directamente ou serem convertidos em combustíveis secundários ainda mais valiosos ou produtos químicos para a indústria. Considerando o referido pelo INETI, fazendo variar as condições de reacção do processo de pirólise, como a temperatura, pressão, taxa de aquecimento e tempo de residência, bem como as características da biomassa, como a humidade e a granulometria, é possível influenciar a gama de produtos obtidos, os quais estão associados a diferentes tipos de pirólise (Franco *et al*, 2001). Existem dois principais tipos de pirólise: a pirólise lenta (ou carbonização, que se verifica a temperaturas de aproximadamente 450 °C, com uma taxa de aquecimento lenta e longos tempos de residência do gás, dando proporções aproximadamente iguais de produto sólido, líquido e gasoso) e a pirólise *flash* (que se verifica a temperaturas de cerca de 500°C, com taxas de aquecimento muito altas e tempos de residência do gás muito curtos (<1s), dando origem a elevadas produções de líquidos, com valores típicos de 60-70% em base seca) (Franco *et al*, 2001).

Refere-se que existem métodos bioquímicos de conversão, que consistem na transformação da biomassa por acção de microorganismos ou de enzimas, no entanto não se vai entrar em pormenor nestes métodos por não se encontrarem no âmbito da temática em questão.

Recentemente surgiu um maior interesse pela investigação de combustíveis líquidos a partir de biomassa, os designados biocombustíveis. Este assunto tem estado em foco em fóruns internacionais. De facto, este processo termoquímico é aquele que do ponto de vista técnico, melhor se adapta à produção de biocombustíveis líquidos por transformação de um combustível sólido biomássico. O biocombustível constitui uma alternativa no estado líquido, mais limpa, que poderá substituir os combustíveis fósseis na produção de “energia verde”, nos transportes e no aquecimento central (Franco *et al*, 2001).

O INETI tem investigado bastante a pirólise de resíduos, nomeadamente biomassa e resíduos plásticos. Inicialmente os estudos incidiram na pirólise “flash” utilizando madeira de pinho, tendo por objectivo a produção de líquidos combustíveis para diversas aplicações industriais (Franco *et al*, 2001).

Actualmente, encontra-se em funcionamento no INETI, dois sistemas de gaseificação de resíduos de leito fluidizado, à escala laboratorial e piloto com capacidades de tratamento de 1 kg/h e 10 kg/h, respectivamente. Os resíduos de biomassa mais estudados têm sido o pinho, eucalipto e azinho. Consoante a composição dos resíduos a alimentar o processo de gaseificação é promovido com vapor e misturas vapor/ar numa gama de temperaturas de 700 a 900°C. A utilização de temperaturas mais elevadas permite obter gases mais limpos o que facilita a sua posterior utilização, embora diminua a viabilidade económica do processo (Franco *et al*, 2001).

O trabalho desenvolvido tem por objectivo a produção de um gás com as características adequadas para várias utilizações finais, tais como, produção de electricidade ou de calor. As misturas gasosas produzidas apresentam um poder calorífico superior da ordem de 16kJ/(n)l, permitindo o seu uso como alternativa aos combustíveis fósseis em sistemas de combustão ou mesmo em turbinas a gás e em sistemas de cogeração.

Para concluir, o INETI refere que o processo de gaseificação com vapor em leito fluidizado, é um processo de valorização do ponto de vista energético da biomassa e resíduos industriais ou outros, produzindo um gás com um bom poder calorífico, na gama de 16-20 kJ/(n)m³, que pode ter diversas aplicações industriais, nomeadamente a queima em equipamentos de combustão, quer na produção de calor para processos de aquecimento ou secagem, quer na produção de electricidade utilizando uma turbina de vapor (Franco *et al*, 2001).

3. Avaliação do consumo energético de resíduos de biomassa florestal e da indústria transformadora da madeira

Os resíduos de biomassa florestal resultam da gestão da floresta e das indústrias de transformação da madeira. Pode observar-se no Quadro 3.1 as actividades produtoras de resíduos e/ou as consumidoras destes resíduos.

Quadro 3.1. - Actividades produtoras e/ou consumidoras de resíduos florestais.

ACTIVIDADES			
Apenas geradoras de resíduos florestais		Geradoras e consumidoras de resíduos florestais	Apenas consumidoras de resíduos florestais
Florestais	Limpeza	Painéis de fibras e partículas Pasta do papel Aglomerados de madeira Aglomerados de cortiça Serrações	Lacticínios Conservas de fruta e legumes Óleos alimentares Têxteis de lã e algodão Refractários Panificação
	Saneamento		
	Desbaste		
	Poda		
	Descortiçamento		
	Corte		
Industriais	Mobiliário		
	Carpintaria		
	Cortiça		

Fonte: Tecninvest, 1985.

Em Portugal, o volume de resíduos disponível é considerável, considera-se que em 1985 já cerca de 37% eram utilizados na produção energética (Tecninvest, 1985).

Os resíduos resultantes de biomassa florestal resultantes da indústria transformadora da madeira são, essencialmente, resíduos de madeira: serradura, pó e aparas de madeira (designação que inclui casca, retestos, sobras e aparas propriamente ditas). Genericamente, estes resíduos são utilizados para valorização energética (com possibilidade de aproveitamento das cinzas para aplicação nos solos ou incorporação em adubos), para aproveitamento em explorações avícolas e para incorporação (em alguns casos) na produção de aglomerados (INETI, 2000).

A utilização de uma prensa de briquetes permitirá transformar parte destes resíduos num produto vendável com um valor acrescentado superior ao que teriam na forma inicial, permitindo a sua valorização energética (INETI, 2000).

A implementação de uma prensa de briquetes pode ser utilizada para resíduos dos sub-sectores de Serração de Madeira, da Impregnação (Preservação) da Madeira, da Parqueteria, da Carpintaria, de Fabricação de Mobiliário (de Madeira), o que já é efectuado a nível nacional e no estrangeiro (INETI, 2000).

4. Produção e aproveitamento energético de combustíveis lenhosos e compactados (peletes e briquetes) no aquecimento doméstico

4.1. Caracterização da situação

4.1.1. Caracterização de combustíveis lenhosos e compactados

A caracterização dos combustíveis de biomassa deve ser tida em consideração na tomada de decisão sobre qual o combustível a utilizar num sistema de produção de energia ou aquecimento. O combustível deverá estar ajustado à tecnologia. O conhecimento das propriedades dos vários tipos de combustíveis de madeira contribui para uma utilização adequada do ponto de vista ambiental e económica (Centre for Biomass Technology, 1999).

Estilha de madeira

A estilha de madeira consiste em madeira fragmentada, que tem um comprimento entre 5 e 50 mm na direcção do filamento, em aparas longas, e uma fracção fina (finos). A estilha de madeira da serradura é um sub-produto da serração (Centre for Biomass Technology, 1999).

A selecção das especificações adequadas da estilha de madeira podem ser efectuadas em função do sistema de aquecimento que se pretenda utilizar. Na Dinamarca, foi criado um novo sistema de classificação da estilha de madeira tendo por base o seu tamanho, uma vez que o padrão antigo, datado de 1987, já não abrangia o tipo de estilha de madeira produzida e usada actualmente no mercado. O padrão antigo dividia a estilha de madeira em estilha fina e grosseira, conforme se pode observar no Quadro 4.1 (Centre for Biomass Technology, 1999).

Quadro 4.1.- Requisitos para a classificação por tamanho da estilha (fina ou grosseira) de acordo com as normas antigas, que estão a ser revistas.

		Unidade da fracção (%)	
Nome	Crivo	Fina	Grosseira
Demasiado grande	45 mm de orifícios redondos	< 5	< 15
Demasiado densa	8 mm de ripas	< 25	< 40
Aceite	7 mm de orifícios redondos	> 40	>23
Estilha de alfinete	3 mm de orifícios redondos	< 20	< 15
Finos		< 10	< 7
Acerca disto:			
Estilha 100-200*	100 – 200 mm de comprimento	< 2	< 12
Estilha > 200	> 200 mm de comprimento	< 0,5	< 6

* Diâmetro > 10 mm

Fonte: Centre for Biomass Technology, 1999.

Actualmente, a estilha de madeira entregue em unidades de aquecimento tem características mais grosseiras do que a estilha grosseira na classificação antiga. Na nova classificação em elaboração, a estilha pode ser dividida em três tipos: fina, grosseira e extra grosseira. Note-se que as designações se referem apenas ao tamanho e não à qualidade (Centre for Biomass Technology, 1999).

Nas normas antigas, as categorias de tamanho eram baseadas num crivo, que também é usado na celulose, e num quadro classificador de circuito integrado de estilha. A nova descrição de qualidade é baseada numa unidade de crivagem rotativa que permite uma melhor distribuição da estilha de madeira por tamanho (Centre for Biomass Technology, 1999).

O novo separador rotativo está equipado com um funil, uma mesa vibrante e um crivo rotativo. A mesa vibrante torna possível a separação da estilha, que vai passar através do tambor rotativo que está equipado com vários tambores com orifícios circulares de 3, 8, 16, 45 e 63 mm de tamanho. O esboço das normas que tem vindo a ser preparado designa três qualidades de estilha de madeira: fina, grosseira e muito grosseira, conforme se pode observar no Quadro 4.2, que se segue (Centre for Biomass Technology, 1999).

Quadro 4.2. - Requisitos para a classificação da estilha por tamanho, de acordo com as novas normas que estão em elaboração.

Nome	Unidade da Fracção (%)			
	Crivo	Fina	Grosseira	Extra grosseira
Extra longa 20*	> 200 mm comprimento	< 0,5	< 1,5	< 1,5
Extra longa 10	100-200 mm comprimento	< 3	< 6	< 6
Extra larga	> 63 mm	0	< 3	**
Extra grande	> 45 e < 63 mm	< 2	< 15	**
Grande	> 16 e < 45 mm	< 60	s/ req.	**
Médio	>8 e < 16 mm	s/ req.	s/ req.	< 25
Pequena	> 3 e < 8 mm	< 35	< 25	< 8
Finos	< 3 mm	< 10	< 8	< 4

* Demasiado longa: caso o diâmetro exceder 1 cm, o comprimento dos fragmentos não deverá exceder 50 cm ou máximo 5*5*25 cm.

**As três classes em conjunto deverão incluir no mínimo 60%.

Fonte: Centre for Biomass Technology, 1999.

De acordo com a antiga norma Dinamarquesa, a estilha era definida como consistindo em partículas com mais de 10 cm e mais espessas do que 1 cm. No entanto, considera-se que estas partículas podem ser muito perturbadoras para o transportador helicoidal. Na nova classificação, a designação *extra longa* abrange todas as partículas com mais de 10 cm independentemente do diâmetro. A existência destas partículas pode ser perturbadora durante o manuseamento da matéria-prima, devendo evitar-se a sua presença (Centre for Biomass Technology, 1999).

O conteúdo em humidade da estilha de madeira vai depender da origem da sua produção. No caso da estilha de madeira ser produzida a partir de árvores verdes, a humidade é de aproximadamente 50 a 60% do peso total, no entanto após a secagem das árvores no Verão durante os 3 a 6 meses mais secos, o conteúdo de humidade é reduzido para cerca de 35 a 45% do peso total (Centre for Biomass Technology, 1999).

As caldeiras de estilha com alimentação automática para casas independentes, etc. podem utilizar a estilha de madeira com um conteúdo em humidade entre 20 e 50% do peso total, por sua vez uma unidade de aquecimento distrital normalmente aceita estilha com um conteúdo de humidade entre 30 e 55%. As unidades de aquecimento

distrital com condensação dos gases de combustão geralmente aceitam a estilha com um elevado teor de humidade de forma a utilizar o calor de condensação (Centre for Biomass Technology, 1999).

A estilha pode estar poluída com pedras, solo e areia, o que vai aumentar o teor em cinzas. O mesmo vai depender, por sua vez, das espécies de madeira e da quantidade de agulhas, ramos e tronco da árvore em causa. O teor natural em cinzas nas agulhas pode exceder 5% do peso da matéria seca, nos ramos e casca cerca de 3%, e no tronco cerca de 0,6%. O combustível de madeira para pequenos recuperadores de calor e unidades distritais de aquecimento tem um teor em cinzas de 1 a 2% do peso em matéria seca (Centre for Biomass Technology, 1999).

Casca

A casca usada para produção de energia resulta do descasque nas serrações de madeira mole e no corte de lâminas na serração de madeira dura. A casca fragmentada não pode ser vista como estilha, mas através de uma análise da casca – baseada nas normas aplicadas à estilha – conclui-se que a casca tem uma distribuição de tamanho muito heterogénea e com uma elevada proporção de finos (Centre for Biomass Technology, 1999).

A casca é muito húmida, com cerca de 55 a 60% do peso total. Deste modo, normalmente a combustão com a utilização de casca é efectuada em caldeiras especiais, devido aos problemas que decorrem do elevado teor de humidade. A casca é a camada mais externa da árvore, onde são frequentemente encontrados poluentes, sob a forma de solo, areia, entre outros (Centre for Biomass Technology, 1999).

Serrim e aparas de madeira

A produção do serrim e das aparas resulta de operações de aplainamento, trituração, entre outras, e constituem um sub-produto ou um resíduo da indústria de transformação da madeira. O serrim e as aparas de madeira têm entre 1 e 5 mm de diâmetro e comprimento. O teor de humidade do serrim pode variar em função do tipo de madeira que foi serrada. Assim, o teor em humidade pode ser de 6 a 10% do peso caso a matéria-prima seja madeira seca. No caso da matéria-prima ser madeira

verde recentemente cortada, o teor de humidade vai situar-se entre 45 e 65% do peso total.

As aparas são muito secas e apresentam um teor de humidade entre 5 e 15% do peso total. Por esse motivo, são normalmente usadas na produção de peletes e briquetes. As mesmas contêm poucos poluentes, sendo o teor em cinzas inferior a 0,5% de peso seco, uma vez que normalmente resultam da madeira do tronco (Centre for Biomass Technology, 1999).

Briquetes e peletes de madeira

As briquetes são obtidas por compactação de resíduos florestais, agrícolas ou de transformação da madeira, e constituem uma alternativa ao uso de lenha ou carvão para uso doméstico e/ou industrial.

As briquetes e peletes consistem em madeira seca fragmentada, que resulta da compactação de aparas e serrim a pressão elevada. A distribuição de tamanhos é muito uniforme, o que o torna um combustível de fácil manuseamento. O teor em humidade nas peletes e briquetes é baixo, de cerca de 8 a 10% do peso total (Centre for Biomass Technology, 1999).

Em Espanha, em termos de características das briquetes, refere-se que podem apresentar variações na densidade, que pode ir desde 0,9 até 1,3 kg/dm³. Refere-se que 1m³ de madeira seca pesa entre 650 a 700 kg, enquanto que o “estere” (capacidade m³), pesa cerca de 350-450 kg. O estere de briquetes pesa cerca de 700 a 800 kg, o que constitui uma vantagem pelo facto de reduzir os custos de manuseamento e armazenamento. A composição química mostra que as briquetes têm um baixo teor em enxofre, o que é vantajoso em termos ambientais comparativamente aos combustíveis comuns. Genericamente, refere-se que as briquetes espanholas são de elevada qualidade e as combustões experimentais em lareiras e aquecimento doméstico mostram desempenhos aceitáveis (Ortíz Torres *et al*, 2003).

A aparência externa das briquetes difere dependendo da matéria-prima e do sistema de produção. As características das briquetes comercializadas são: cerca de 25 cm de comprimento, com uma variação de 6,25 cm e cerca de 6,89 cm de diâmetro, com

1,22cm de variação. Por sua vez, a densidade das briquetes é de 1,17kg/dm3 (Ortiz Torres *et al*, 2003).

Em Espanha, existem 13 fábricas produtoras de briquetes em funcionamento, apresentando-se de seguida as características das briquetes em algumas desta unidades, conforme se pode observar nos Quadros 4.3, 4.4 e 4.5.

Quadro 4.3 - Características das briquetes produzidas em Espanha.

Empresa	Densidade partículas	Conteúdo em cinzas (550°C)	Conteúdo em cinzas (815°C)	Teor em água (no momento da análise)	PCI
	kg/dm3	% peso total (bs)	% peso total (bs)	% peso total (bm)	MJ/kg (bm)
J. Rico (Valladolid)	1,26	0,76	0,57	6,6	17,42
G.Garcia (Maiorca)	1,00	1,09	0,78	6,6	17,80
Brasil (importação)	1,17	1,93	1,96	4,5	17,92
Vila Comesana (Vigo)	0,92	0,11	0,10	6,8	17,90
Briher (Soria)	1,12	0,49	0,39	5,8	17,93
EUET Forestal (Pontevedra) (experimental)	0,81	1,19	0,90	7,0	16,89

Fonte: Ortiz *et al*, 2003.

Quadro 4.4 - Características das briquetes produzidas em Espanha.

Empresa	Pb	Zn	Cr	Cu	As	Sb	Hg	Tl	PCI
	mg/kg (bs)	mg/kg (bs)	mg/kg (bs)	mg/kg (bs)	mg/kg (bs)	mg/kg (bs)	mg/kg (bs)	mg/kg (bs)	MJ/kg (bs)
J. Rico (Valladolid)	7,69	14	0,8	1,8	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	18,82
G.Garcia (Maiorca)	1,17	13	1,0	1,2	0,16	<0,05	<0,05	<0,05	19,23
Brasil (importação)	0,42	11	2,0	7,0	0,16	<0,05	<0,05	<0,05	18,88
Vila Comesana (Vigo)	0,16	2	0,1	1,0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	19,39
Briher (Soria)	1,13	16	0,4	1,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	19,19
EUET Forestal (Pontevedra) (experimental)	1,38	14	0,9	2,8	<0,05	0,08	<0,05	<0,05	18,34

Fonte: Ortiz *et al*, 2003.

Quadro 4.5 - Características das briquetes produzidas em Espanha.

Empresa	matéria-prima (MP)	espécies florestais	teor em água da MP (aprox.)	Diâmetro	Comprimento
			% peso total (bm)	mm	mm
J. Rico (Valladolid)	Resíduos florestais, casca de pinheiro		15	92,2	237,0
G.Garcia (Maiorca)	Serrim		16	51,9	313,0
Brasil (importação)	Madeira tropical		12	44,2	332,0
Vila Comesana (Vigo)	Serrim	Madeira tropical	8	52,9	303,0
Briher (Soria)	Serrim, estilha de madeira	Tropical (90), pinho (10)	12	92,1	306,0
EUET Forestal (Pontevedra) (experimental)	Estilha de madeira	Estilha de eucalipto	15	62,6	74,0

Fonte: Ortiz *et al*, 2003.

Relativamente às peletes, o volume ocupado por 1 m3 contém aproximadamente 700 kg, o que o torna o combustível densificado mais barato e de fácil transporte e manuseamento (Ortíz Torres *et al*, 2003).

Existem duas fábricas produtoras de peletes em Espanha, apresentando-se de seguida as características das peletes produzidas, conforme se pode observar nos Quadros 4.6, 4.7 e 4.8.

Quadro 4.6 - Características das peletes produzidas em Espanha.

Empresa	Densidade	Densidade partículas	Conteúdo em cinzas (550°C)	Conteúdo em cinzas (815°C)	Teor em água (no momento da análise)	PCI
	kg/m3	kg/dm3	% peso total (bs)	% peso total (bs)	% peso total (bm)	MJ/kg (bm)
Resinfor (Pontevedra)	560	1,12	0,53	0,45	7,3	17,73
Ecoforest (Pontevedra)	560	1,12	0,70	0,48	7,4	17,19

Fonte: Ortiz *et al*, 2003.

Quadro 4.7- Características das peletes produzidas em Espanha.

Empresa	Pb	Zn	Cr	Cu	As	Sb	Hg	Tl	PCI	Densidade Energética
	mg/kg (bs)	mg/kg (bs)	mg/kg (bs)	mg/kg (bs)	mg/kg (bs)	mg/kg (bs)	mg/kg (bs)	mg/kg (bs)	MJ/kg (bs)	GJ/m3
Resinfor (Pontevedra)	0,57	5	0,5	1,6	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	19,32	9,63
Ecoforest (Pontevedra)	0,45	4	0,4	1,6	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	18,76	9,63

Fonte: Ortiz *et al*, 2003.

Quadro 4.8- Características das peletes produzidas em Espanha.

Empresa	matéria-prima (MP)	espécies florestais	teor em água da MP (aprox.)	diâmetro	comprimento	Comprimento /diâmetro
			% peso total (bm)	mm	mm	
Resinfor (Pontevedra)	Contraplacado, serrim	Tropical (70); pinho (30)	0,53	6,8	17,2	2,5
Ecoforest (Pontevedra)	serrim	tropical	0,70	6,4	13,7	2,5

Fonte: Ortiz *et al*, 2003.

Outros resíduos de madeira

Os resíduos de madeira resultam de madeira usada para outros fins, por exemplo nas construções, resíduos provenientes de edifícios novos ou recuperados, antes de ser usada como combustível. Outros tipos de madeira reciclada incluem paletes não retornáveis e embalagens de madeira. A madeira fragmentada pode apresentar tamanhos muito diversificados. A madeira proveniente de demolições é relativamente seca, com um teor de humidade de cerca de 10 a 20% do peso total. A

combustão de madeira proveniente de demolições ou de outros resíduos de madeira industrial pode ser problemática, uma vez que a madeira pode estar contaminada com resíduos de pintura, cola, agentes conservantes, metais, borrachas ou materiais plásticos, dependendo do seu uso anterior. Caso a madeira contenha cola (mais de 1% do peso em matéria seca), tinta, entre outros, o resíduo da madeira não poderá ser queimado em caldeiras convencionais (Centre for Biomass Technology, 1999).

4.1.2. Factores condicionantes do uso de combustíveis lenhosos – peletes e briquetes

O aproveitamento de combustíveis lenhosos pelo processo de combustão directa é um dos processos mais utilizados, refere-se que existem vários factores que condicionam o processo (Centre for Biomass Technology, 1999):

Tamanho do combustível

O tamanho do combustível assume grande importância na velocidade da combustão.

Nesta sequência, refere-se que as partículas de maior tamanho retardam o processo de combustão. Verifica-se que a combustão de serrim é bastante rápida, o que se deve ao bom contacto existente entre o combustível e o ar, uma vez que as partículas pequenas secam rapidamente, libertando gases e queimando, resultando numa combustão de elevada intensidade. Caso, em vez de serrim, se utilizar um toro de madeira, a sua combustão vai demorar um longo período.

Teor de humidade

O teor de humidade no combustível reduz o conteúdo de energia expresso pelo valor calorífico, uma vez que uma parte da energia é usada na evaporação. A madeira seca tem um valor calorífico elevado, o mesmo não acontece quando a madeira está molhada, em que o valor calorífico baixa por unidade de peso. Assim, para um teor elevado de humidade na madeira (superior a 55-60% do peso total), será muito difícil manter o processo de combustão (Centre for Biomass Technology, 1999).

Conteúdo em cinzas

Um combustível contém várias impurezas sob a forma de partes componentes incombustíveis – cinzas. A cinza, por si só, é indesejável, uma vez que será necessário efectuar a purificação do gás de combustão de partículas e, subsequentemente, dar um destino adequado às cinzas e escórias. As cinzas contidas na madeira provêm primeiramente do solo e areia absorvidos na casca das árvores e, em menor proporção, dos sais absorvidos durante o período de crescimento da árvore. As cinzas também contêm metais pesados causadores de efeitos indesejáveis no ambiente. No entanto, o teor em metais pesados é normalmente inferior ao de outros combustíveis sólidos (Centre for Biomass Technology, 1999).

As cinzas têm uma característica especial que consiste numa propriedade de conservação do calor. Para os sistemas de aquecimento usando grade, o conteúdo em cinzas é importante e permite proteger a grade do calor das chamas (Centre for Biomass Technology, 1999).

A madeira também contém sais que constituem um importante factor a controlar no processo de combustão, nomeadamente a presença de potássio e, em parte, do sódio vão dar origem a cinzas pegajosas que podem causar depósitos na unidade de combustão (Centre for Biomass Technology, 1999).

Gases voláteis

A madeira e outros tipos de biomassa contém cerca de 80% de voláteis (em % de matéria seca), o que significa que a madeira vai libertar 80% do seu peso sob a forma de gases, enquanto a parte remanescente será reduzida a carvão. O carvão manterá aproximadamente o volume original da madeira, no entanto perdeu 80% do seu peso, o que vai reduzir em muito a sua densidade (Centre for Biomass Technology, 1999).

Devido ao elevado teor de voláteis, a combustão do ar deverá ser introduzida acima do leito do combustível (ar secundário), onde os gases são queimados.

Excesso de ar

O combustível de alimentação vai ser convertido estequiometricamente quando está presente uma quantidade exacta de oxigénio (quando a quantidade de ar em excesso

ou λ é igual a 1) requerida para a conversão da totalidade do combustível sob condições ideais. Caso exista uma quantidade de oxigénio superior ($\lambda > 1$), este gás vai estar presente nos gases de combustão (Centre for Biomass Technology, 1999). Na prática, a combustão vai ter lugar em excesso de ar, uma vez que não é possível conseguir a combustão completa com uma quantidade de ar estequiométrica.

Refere-se que o excesso de ar parece depender de forma considerável da tecnologia de aquecimento e em alguma extensão do combustível, como se pode observar no Quadro 4.9.

Quadro 4.9- Excesso de ar em rácio lambda e o conteúdo em oxigénio resultante nos gases de combustão.

	Excesso de ar (ratio λ)	Oxigénio; seco (%)
Lareira aberta	>3	>14
Recuperador de calor a madeira	2,1 – 2,3	11 - 12
Aquecimento distrital a estilha florestal	1,4 – 1,6	6 - 8
Aquecimento distrital a peletes	1,2 – 1,3	4 - 5
Cogeração a madeira (partículas)	1,1 – 1,2	2 - 3

Fonte: Centre for Biomass Technology, 1999.

Ambiente

O combustível utilizado vai influenciar a eficiência da combustão. Deste modo, caso a mistura de combustível ou de escolha do tipo de sistema de aquecimento não for adequada, a utilização combustível pode ser insatisfatória e consequentemente ter efeitos indesejáveis para o ambiente (Centre for Biomass Technology, 1999).

Para que ocorra uma combustão eficiente deverão existir determinadas condições:

- Elevada temperatura;
- Excesso de oxigénio
- Período de combustão adequado;
- Mistura adequada.

Nas condições referidas é assegurada uma baixa emissão de monóxido de carbono, hidrocarbonetos, PAH (hidrocarbonetos aromáticos policíclicos) e uma pequena quantidade de carbono não queimado. A tecnologia aplicada deverá, deste modo, ser

chamada de tecnologia de “baixa emissão de aromáticos NO_x”, uma vez que aplica métodos que reduzem as emissões de NO_x. Adicionalmente ao dióxido de carbono e à água, os gases de combustão podem conter ar (O₂, N₂ e Árgon) e ainda produtos de reacção indesejáveis, tais como o monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos, PAH, NO_x, entre outros (Centre for Biomass Technology, 1999).

4.1.3. Tecnologia disponível

A tecnologia de produção de peletes e briquetes consiste na compactação dos produtos ligno-celulósicos para obtenção de combustíveis densificados que serão utilizados como substituto energético (Ortíz, 1994).

A compactação de resíduos de madeira conheceu uma importante evolução em períodos de crise. Na segunda Guerra Mundial, com a crise do petróleo nos anos setenta, apareceu uma grande variedade de máquinas e procedimentos novos mais evoluídos. Logo que se alterou o contexto e a crise foi ultrapassada, esta técnica caiu no esquecimento (Ortíz, 1994). A densificação é uma técnica mais antiga, em 1880, Smith descreveu a 1ª patente americana no campo da densificação (Ortíz, 1994).

Actualmente, já existe um nível tecnológico aceitável em alguns países. Com a evolução tecnológica será possível otimizar, cada vez mais os processos e equipamentos, através da redução dos custos de produção, sendo este o factor limitante à penetração deste combustível no mercado mundial. Em termos de aspectos a melhorar, podem referir-se: os sistemas de alimentação e manuseamento de forma a evitar obstruções e ser possível operar em contínuo, garantia da qualidade dos produtos finais utilizando embalagens estanques e com recurso a sistemas automatizados, reduzir a mão-de-obra e desenvolver de sistemas de combustão, com rendimentos superiores, que justifiquem o preço a pagar pelos combustíveis associado ao maior valor acrescentado (Ortíz, 1994).

É muito importante que as matérias-primas cumpram as especificações técnicas adequadas, sob pena de se obter um produto de baixa qualidade, que possa causar problemas para os equipamentos, entre outros (Ortíz, 1994).

Geralmente é necessário um pré-tratamento dos resíduos, através da sua transformação física por destroçamento, secagem e moagem, para que o valor

acrescentado dos produtos obtidos – briquetes e peletes - seja superior ao dos resíduos transformados (serrim, estilha, entre outros). Deste modo, o preço de venda potencialmente alcançável para estes combustíveis densificados justifica, em muitos casos, o investimento e custos adicionais necessários à sua obtenção (Ortiz, 1994).

Os resíduos deverão ser sujeitos a um pré-tratamento, utilizando um destroçador, com o objectivo de reduzir os resíduos a partículas de pequena dimensão, como a estilha. Esta operação permite homogeneizar o material. Em seguida, poderá ser necessária a diminuição do teor de humidade, através da utilização de processos de secagem. A secagem da biomassa é muito importante, uma vez que a madeira muitas vezes apresenta teores de humidade de cerca de 50%, o que causa problemas associados ao aumento de custos, nas operações de extracção, manuseamento e respectivo transporte, dificuldades de transformação do combustível, redução do rendimento da transformação e dos processos termoquímicos, problemas de operação nas instalações de conversão, maior teor de impurezas, entre outros (Ortiz, 1994).

Acresce referir que a moagem é uma operação necessária quando se pretende obter combustíveis densificados de boa qualidade (Ortiz, 1994).

Por sua vez, os resíduos resultantes da indústria transformadora da madeira, nomeadamente do processo de serração, encontram-se já reduzidos a pequenas dimensões e geralmente apresentam um teor de humidade já reduzido, não precisando de pré-tratamento (Ortiz, 1994).

Nesta sequência, a estilha pode ser sujeita a um processo de compactação, sendo utilizado para o efeito uma máquina de produção de briquetes ou peletes, que deverá estar adaptada (em termos de diâmetro) ao tipo de combustível densificado que se pretende obter (Ortiz, 1994).

A tecnologia utilizada é importada, encontrando-se disponíveis na Internet vários catálogos de produtores de máquinas de peletes e briquetes.

Refere-se que a selecção de uma máquina de produção de peletes e briquetes deverá ser efectuada mediante uma análise caso-a-caso, a escolha deverá ser feita em função da matéria-prima disponível e das suas características (tipo, quantidade, teor de humidade, poder calorífico, etc) (Ortiz, 1994).

A utilização de uma prensa de briquetes permitirá transformar resíduos num produto vendável, com um valor acrescentado superior ao que teriam na forma inicial.

O processo de produção de briquetes consiste na prensagem a quente dos desperdícios de madeira no cone de compressão de uma prensa. Formam-se cilindros de madeira compactada – briquetes, que são utilizados como combustível de alto poder calorífico (INETI, 2000).

No processo de produção de briquetes é utilizada uma prensa mecânica. No interior do cone de compressão, briquetes de secção circular são cortadas automaticamente segundo uma medida predeterminada (INETI, 2000).

O briquetado é originado mecanicamente a elevadas pressões (aproximadamente 200 golpes/min), que provocam um incremento térmico de 100-150°C. Esta temperatura permite a plastificação da lenhina que actua como elemento aglomerante das partículas de madeira, não sendo necessário adicionar aglomerantes (resinas e ceras) (Ortíz, 1994).

Em termos de viabilidade técnica, deverão ser observados alguns aspectos que se apresentam em seguida:

A humidade inicial e a granulometria determinam a complexidade da prensa de briquetes. Os níveis óptimos de humidade são compreendidos entre 8% e 12%, podendo atingir 15% como valor máximo. Na eventualidade da humidade apresentar teores inferiores a 8%, verifica-se uma perda de homogeneidade dos briquetes de madeira, podendo dividir-se facilmente em discos. O tempo de vida útil do cone de compressão e do pistão é também encurtado já que, ao diminuir o deslizamento do material por falta de humidade, aumenta a sua abrasão de uma forma inversamente proporcional. Por outro lado, se a humidade for superior a 15% obtemos um produto final pouco compacto, de limitada resistência mecânica, com baixo poder calorífico, baixo peso específico e com um período de armazenamento mais reduzido (INETI, 2000).

A granulometria do material à entrada da prensa deverá ter entre 0,5 e 8 mm. Caso se verificar a entrada de resíduos de madeira ou outros materiais de grandes dimensões e forem aceites pelo sem-fim da máquina, serão prensados sem qualquer problema.

Na eventualidade de se verificar a obstrução da hélice do sem fim, um dispositivo de segurança interrompe o funcionamento da máquina permitindo a remoção do material do seu interior. Apesar disso, a experiência tem demonstrado que é possível utilizar resíduos de madeira de dimensões inferiores às recomendadas, embora nestes casos se aconselhe que estes sejam misturados com outros materiais de maiores dimensões, garantindo assim a obtenção de um produto de boa qualidade (INETI, 2000).

A prensagem apresenta como principal vantagem a fabricação de briquetes sem a adição de aglutinantes, devido à elevada compressão a que é submetido o material (aprox. 1 844 bar) e à temperatura de aproximadamente 300°C, os quais garantem a coesão do produto final. Outra vantagem resulta do facto de se tratar de uma prensa mecânica e, deste modo, ter uma escassa manutenção (INETI, 2000).

É difícil estimar a vida útil dos seus componentes, mas segundo a informação enviada por um dos fabricantes, é possível atingir as 1 500 horas de trabalho com a utilização de matéria-prima com características normais de granulometria, humidade e abrasividade (INETI, 2000).

Apesar dos briquetes poderem apresentar um preço final superior à lenha e ao carvão, o seu elevado poder calorífico torna-os mais vantajosos do ponto de vista económico (INETI, 2000).

Pode-se observar na Figura 4.1. uma instalação de briquetagem de pequena/média capacidade.

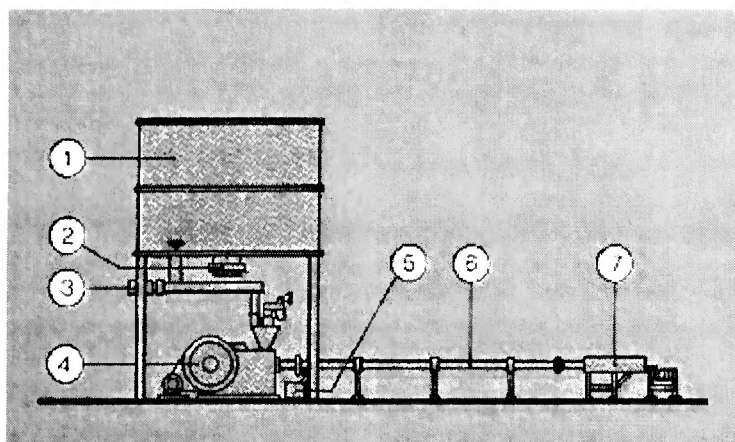


Figura 4.1: Instalação para briquetagem de pequena/média capacidade para materiais de reduzida granulometria e humidade até 18%.

Fonte: INETI, 2000

- Legenda:**
- 1 – Silo de armazenamento
 - 2 – Extrator radial
 - 3 – Alimentador de parafuso
 - 4 – Prensa de briquetes
 - 5 – Central de arrefecimento
 - 6 – Canal de arrefecimento
 - 7 – Corta briquetes

O aproveitamento dos resíduos de madeira densificados pode ser utilizado, como combustível de alto poder calorífico, para utilização doméstica e industrial, permitindo a redução do espaço de armazenamento ocupado por esse tipo de materiais (INETI, 2000).

A produção de peletes na Dinamarca é efectuada normalmente a partir de resíduos de madeira industrial seca, como por exemplo aparas de madeira, serrim e poeiras do processo de polimento da madeira. É forçada a passagem do material através de um disco a pressão elevada. O tamanho dos orifícios do disco determina o diâmetro das peletes, que têm geralmente entre 8 e 12 mm. Não é necessário usar um agente para aglutinar as partículas formando as peletes, mas caso seja adicionado um agente, esta informação deverá ser incluída no local de venda ou na entrega. Após o processo de peletização, as peletes são arrefecidas. Nessa altura, as peletes passam através de um crivo de forma a separar as peletes aceitáveis dos finos. Finalmente, as peletes são armazenadas a granel ou em saco, para serem posteriormente entregues, através de um atrelado móvel ou por uma carrinha que coloca as peletes no silos da habitação do consumidor (Centre for Biomass Technology, 1999).

No aquecimento a nível doméstico, existem várias opções que vão desde o recuperador de calor utilizado nas habitações, até sistemas de aquecimento a larga-escala, como o sistema distrital de aquecimento.

Nesta sequência, refere-se que o aquecimento doméstico pode ser efectuado através de caldeiras de alimentação manual ou automática, ou através de aquecimento distrital.

No que respeita à utilização de caldeiras, refere-se que existem vários aspectos a considerar. Neste âmbito, a caldeira manual deverá ser instalada com um depósito de armazenamento. Por sua vez, as caldeiras automáticas estão equipados com um silo contendo peletes ou estilha de madeira. Um parafuso de alimentação permite o fornecimento de combustível e simultaneamente funcionará de acordo com a necessidade de energia das habitações (Centre for Biomass Technology, 1999).

Nos últimos 10 anos, foram conseguidos grandes avanços tecnológicos nas caldeiras, no que respeita ao aumento de eficiência e redução de emissões (poeiras e dióxido de carbono). Foram conseguidas melhorias no *design* das caldeiras em termos de forma de fornecimento de ar de combustão e no controlo automático do processo de combustão. Nas caldeiras de alimentação manual, partindo de valores de eficiência inferiores a 50%, foram atingidos valores entre os 75 e os 90%. No caso das caldeiras de alimentação automática, foram atingidos valores de eficiência entre 85 e 92% (Centre for Biomass Technology, 1999).

Acresce referir que o rendimento nominal da caldeira (a carga máxima) pode ser calculado com base no consumo anual conhecido de petróleo ou no espaço e idade da habitação (CBT, 1999).

Caldeiras de queima manual

Como principal regra aplicada às caldeiras de combustão de madeira, refere-se que apenas apresentam uma combustão aceitável com uma taxa de rendimento a um máximo de carga. Em unidades individuais, com controlo de oxigénio, a carga pode ser reduzida a cerca de metade do rendimento nominal sem no entanto influenciar a eficiência das emissões numa extensão apreciável (Centre for Biomass Technology, 1999).

Para que a caldeira não necessite de alimentação em intervalos de 2 – 4 horas por dia, durante os períodos mais frios do ano, o rendimento nominal da caldeira a madeira é seleccionado de modo a que o consumo nas habitações seja 2 a 3 vezes superior. Deste modo, o valor da eficiência da caldeira deve ser multiplicado por 2 ou 3 nas caldeiras de alimentação manual (Centre for Biomass Technology, 1999).

As caldeiras alimentadas manualmente devem ser sempre equipadas com um depósito de armazenamento, o que assegura um maior conforto para o utilizador e menores constrangimentos financeiros e ambientais. No caso de não existir um depósito de armazenamento, verifica-se frequentemente um aumento da corrosão da caldeira devido a variações na água e temperatura de emissão de gases de combustão (Centre for Biomass Technology, 1999).

Caldeiras de combustão automática

As caldeiras automáticas têm frequentemente uma construção fácil e a sua maioria atingem uma eficiência de 80 – 90%, com emissões de dióxido de carbono de aproximadamente de 100 ppm (100 ppm=0,01 volume em %). Em alguns casos, a eficiência da caldeira pode atingir 92% e as emissões reduzem-se para 20 ppm. Para se atingirem bons resultados em termos de eficiência, a caldeira deverá funcionar à carga máxima (Centre for Biomass Technology, 1999).

Em caldeiras automáticas, o rendimento nominal da caldeira (ao máximo de carga) não deverá exceder a necessidade de calor no período de Inverno. Nos períodos de transição (Primavera e Outono), o consumo de energia das habitações será tipicamente de cerca de 20 – 40% do rendimento nominal da caldeira. Durante o período de Verão, a procura de calor pela habitação estará frequentemente num intervalo entre 1 e 3 kw, uma vez que apenas o fornecimento de água quente será mantido. Esta situação equivale a 5 – 10% do rendimento nominal da caldeira. Deste modo, eficiência da caldeira fica muito diminuída, o que causa um aumento dos efeitos negativos no ambiente. Poderá ser instalado um sistema alternativo para operar durante os meses de Verão (Centre for Biomass Technology, 1999).

Verifica-se a necessidade de melhorar a eficiência das caldeiras. Para o efeito, estão actualmente a ser desenvolvidos vários melhoramentos, nomeadamente a nível da unidade de convecção da caldeira, de forma a reduzir a temperatura de emissão dos

actuais 250 – 300°C para valores entre 150 – 200°C, no revestimento, no equipamento de controlo das caldeiras e nas propriedades de baixa-carga do sistema, para que sejam mantidos níveis de operação aceitáveis durante o período de Verão (Centre for Biomass Technology, 1999).

Unidades de Aquecimento Distrital

São unidades de produção de calor. A distribuição do calor é efectuada através de um sistema de aquecimento distrital ao qual os consumidores que residem na área de incidência do mesmo têm a oportunidade de serem conectados (Centre for Biomass Technology, 1999).

O número destas unidades tem vindo a aumentar em vários países europeus, como sejam a Suécia, a Áustria ou a Dinamarca.

As unidades de aquecimento distrital alimentadas a estilha foram implantadas para substituir unidades de aquecimento distrital a petróleo ou carvão, ligados a sistemas de aquecimento distritais antigos, ou como novas unidades e sistemas integrados em projectos de urbanização.

As caldeiras de combustão alimentadas a estilha nas unidades de aquecimento distrital na Dinamarca são projectadas para a produção de calor num intervalo desde 1 MW até 10 MW, sendo a média de 3,5 MW (Centre for Biomass Technology, 1999).

Na Dinamarca, o Programa de Subsídios tem grande importância para o alargamento contínuo do fornecimento de aquecimento distrital com base na biomassa. Estas unidades requerem um investimento total considerável e têm vindo a ser implementadas tipicamente em pequenas comunidades, nas quais as caldeiras alimentadas a estilha são mais pequenas do que as de 3,5MW mencionadas anteriormente (Centre for Biomass Technology, 1999).

Escolha do tamanho do sistema

No que respeita a tomada de decisão sobre a dimensão do sistema de queima de estilha numa unidade de aquecimento distrital, é necessário saber qual o consumo

anual em aquecimento desse sistema. Outro factor importante consiste no conhecimento das alterações no consumo de aquecimento desses sistemas, durante o dia e, por sua vez, durante o ano (Centre for Biomass Technology, 1999).

Em novas unidades de aquecimento distrital deverá ter-se em atenção as perdas na distribuição. Com base nas estatísticas da Associação Dinamarquesa para o Aquecimento Distrital, a média de perdas na distribuição é de aproximadamente 20% (Centre for Biomass Technology, 1999).

Tecnologia das unidades

Na construção de uma unidade típica a estilha de madeira, é integrada uma caldeira de combustível sólido com uma grade de transporte. A caldeira tem um revestimento refractário que envolve as paredes da câmara, de forma a manter a temperatura de combustão, mesmo quando o combustível possa apresentar humidade. A unidade projectada é automática, permitindo o seu controlo por computador (Centre for Biomass Technology, 1999).

Todos os Sistemas têm os seguintes componentes principais:

- Armazenamento de estilha de madeira;
- Manuseamento de combustível (estilha);
- Sistema de alimentação;
- Câmara de combustão e caldeira;
- Limpeza dos gases de combustão (emissões)
- Condensação de gases emitidos (de combustão)
- Chaminé
- Manuseamento das cinzas

Em seguida descrevem-se os princípios das técnicas que são tipicamente usadas em unidades de aquecimento distrital a estilha de madeira.

Armazenamento

O dimensionamento do armazenamento do combustível vai depender de vários factores, nomeadamente deverá estar sempre armazenado um quantitativo de estilha

de madeira que iguale o consumo para um mínimo de 5 dias e noites no máximo de produção de calor (Centre for Biomass Technology, 1999).

A maior parte das unidades têm um armazenamento interior, deixando o manuseamento do armazenamento exterior, caso exista, para os fornecedores de estilha de madeira. Contudo, poucas unidades têm igualmente associado um armazenamento exterior próprio. Devem ter-se alguns cuidados no manuseamento da estilha, o que resulta do risco associado de incêndio espontâneo. Deste modo, a estilha de madeira deverá ser empilhada até uma altura máxima de 7-8 metros, o que também se aplica ao armazenamento interior. No decurso do trabalho de armazenamento de estilha de madeira, verifica-se um risco de inspiração de poeiras e microrganismos causadores de alergias, tais como fungos e bactérias. Deste modo, deverá proibir-se o desempenho de trabalho individualmente no interior do silo de estilha (Centre for Biomass Technology, 1999).

Manuseamento do combustível (estilha)

A maior parte dos problemas de operação são causados pelo sistema de transporte de estilha de madeira da unidade, que tem início no armazenamento e termina no sistema de alimentação da caldeira. Todo o sistema de transporte deve ser visto como uma cadeia. Deste modo, quando se verifica uma deficiência neste circuito, toda a central de aquecimento distrital fica impedida de funcionar (Centre for Biomass Technology, 1999).

Sistema de alimentação

A escolha do sistema de alimentação depende do tamanho da unidade e do combustível sólido utilizado. Existem vários tipos de sistemas de alimentação a estilha. Os sistemas de alimentação automáticos efectuam o transporte do combustível desde o silo até à caldeira (Centre for Biomass Technology, 1999).

Câmara de combustão e caldeira

A estilha é colocada na grade da câmara de combustão. O tipo de grade é um factor a ter em conta em sistemas de queima de estilha em unidades de aquecimento distrital, a grade pode ser tipo “degrau” ou em “cadeia” (grade de transporte) (Centre for Biomass Technology, 1999). A grade de “degrau” tem a vantagem de a estilha ser

introduzida de cima para baixo, pelo que a queda permite aumentar a mistura do ar e consequentemente a combustão.

A introdução do ar de combustão é efectuada através de dois ventiladores, sob a forma de ar primário e secundário. Na combustão de estilha de madeira húmida, a câmara de combustão deverá ter um revestimento refractário nas paredes. Este isolamento assegura uma elevada temperatura de combustão. No caso da combustão ser alimentada a peletes de madeira ou a outro combustível seco, não se verifica qualquer benefício no uso deste revestimento, pelo contrário, uma vez que a temperatura de combustão será demasiado alta, existe o risco de cobertura da grade com fuligem devido aos gases de combustão. Deste modo, o tipo de combustível e o seu teor de humidade deverá ser estabelecido antes da escolha da instalação (Centre for Biomass Technology, 1999).

Qualidade do combustível

Entre os factores determinantes de uma combustão completa podem distinguir-se a temperatura, a turbulência e o tempo. A temperatura deverá ser suficientemente elevada para permitir a eficiência no processo de secagem, gaseificação e combustão. Por sua vez, o ar e os gases combustíveis deverão ser misturados adequadamente (turbulência) para que a combustão seja eficiente e, finalmente, ocorra a combustão total dos gases, antes do seu arrefecimento pela água da caldeira (Centre for Biomass Technology, 1999).

Caldeira

Os gases passam da câmara de combustão para uma parte da caldeira, onde o calor é transferido para a água em circulação. O gás de combustão circula para o interior dos tubos que são arrefecidos com água na superfície exterior (Centre for Biomass Technology, 1999).

Em pequenos sistemas, a unidade de combustão e a caldeira podem ser completamente separadas, desde que a estilha de madeira seja queimada no pré-combustor separado, passando os gases de combustão para a caldeira (CBT, 1999).

No interior da unidade de combustão ou numa secção após esta unidade pode ser instalado um aparelho para optimização do processo, que arrefece os gases de

combustão até uma temperatura de aproximadamente 100°C. A eficiência do processo será tanto melhor, quanto maior for o arrefecimento. A área da caldeira deverá ser suficientemente grande para permitir eventuais trabalhos de reparação e de manutenção periódica. O edifício em redor da caldeira deverá ser dimensionado de forma a permitir a limpeza dos tubos da caldeira e a sua substituição (Centre for Biomass Technology, 1999).

No que respeita à vida útil da caldeira, refere-se que um factor importante a ter em conta consiste na temperatura da água de retorno para a caldeira, que deverá ser suficientemente elevada. É recomendável que a temperatura da água de retorno seja mantida, no mínimo, a 75-80°C, o que vai permitir reduzir a corrosão em particular dos tubos da caldeira. Deste modo, a vida útil dos tubos pode variar muito. Adicionalmente à temperatura de operação, a vida útil da caldeira vai depender dos padrões operacionais, da qualidade do combustível e da combustão, entre outros (Centre for Biomass Technology, 1999).

Limpeza dos gases de combustão - cinzas volantes

As cinzas volantes permanecem nos gases de combustão ao longo do seu percurso através da caldeira. A limpeza dos gases de combustão permite reduzir a quantidade de cinzas volantes emitidas através da chaminé. As cinzas volantes são removidas na unidade de limpeza dos gases de combustão. A separação das cinzas volantes dos gases de combustão pode ser conseguida através de um sistema multiciclone, de filtro de saco ou outro equipamento de limpeza dos gases de combustão (CBT, 1999).

Condensação de gases de combustão

As unidades de condensação de gases de combustão são usadas, quer em sistemas novos, quer em sistemas já existentes. Esta técnica permite simultaneamente purificar os gases de combustão, a um nível quase similar à limpeza por filtros de sacos, e aumentar a eficiência energética. Na Dinamarca, a maioria das unidades de aquecimento distrital a estilha têm ou um condensador de gases de combustão ou um equipamento de limpeza instalado conjuntamente com o sistema de combustão (Centre for Biomass Technology, 1999).

Uma vez que a estilha de madeira, usada nas unidades de aquecimento distrital, possui tipicamente uma humidade da ordem dos 40-50% do total de peso, verifica-se que, quando sujeita ao processo de combustão, é formado vapor de água. Nesta sequência, o vapor de água existente nos gases de combustão representa energia inutilizada que pode ser libertada por condensação. A quantidade de energia que teoricamente pode ser libertada por condensação de vapor de água é igual ao calor da evaporação da água, acrescido da energia térmica do arrefecimento (Centre for Biomass Technology, 1999).

Os gases de combustão são arrefecidos a uma temperatura inferior ao ponto de condensação, iniciando-se, deste modo, a condensação do vapor de água. À medida que os gases de combustão são arrefecidos, aumenta o quantitativo de água condensada, bem como a quantidade de calor libertada (CBT, 1999).

Teoricamente a eficiência pode ser calculada com base no conteúdo de água em função da temperatura dos gases de combustão. As eficiências anuais de quase todas as unidades são superiores a 100% (Centre for Biomass Technology, 1999).

Chaminé

O ventilador de aspiração cria uma pressão negativa no gás de combustão que atravessa o sistema de aquecimento, forçando a entrada destes gases no condensador e, posteriormente, na chaminé. O dimensionamento da chaminé deverá ter em consideração requisitos ambientais (Centre for Biomass Technology, 1999).

Em pequenas unidades com condensador de gases de combustão, deverá ser utilizada fibra de vidro ou material inoxidável para que sejam evitados danos por corrosão na chaminé (CBT, 1999).

Manuseamento das Cinzas

A estilha de madeira contém 0,5 a 2,0% de peso seco sob a forma de incombustíveis minerais que são transformados em cinza no processo de combustão. O manuseamento das cinzas é efectuado de forma automática em todas as unidades de aquecimento distrital da Dinamarca (Centre for Biomass Technology, 1999).

O trabalho manual associado ao sistema de remoção de cinzas encontra-se circunscrito apenas à inspecção habitual e intervenção em caso de interrupção da operação.

A cinza depositada na grade pode ser removida por um transportador ou outro sistema de remoção automático, com vista ao seu posterior encaminhamento. Por sua vez, dado que as lamas provenientes dos gases de combustão condensados se encontram contaminadas com uma grande quantidade de metais pesados, estas deverão recolhidas separadamente e encaminhadas de forma adequada (Centre for Biomass Technology, 1999).

Eliminação

Na composição das cinzas pode estar incluída uma gama variada de elementos, tais como o potássio, o magnésio ou o fósforo, que podem ser usados como fertilizantes nas florestas. No entanto, este destino poderá ser inviabilizado, caso se verifique a presença nas cinzas de outras substâncias que apresentem características nocivas para o ambiente (Centre for Biomass Technology, 1999).

4.1.4 Mercado de aproveitamento de peletes e briquetes no sector doméstico

Em termos nacionais, refere-se que a biomassa florestal não dispõe de um mercado devido a constrangimentos vários. Neste contexto, deverão ser criadas algumas condições para que possa existir um mercado em funcionamento (Fórum das Energias Renováveis, 2001).

Portugal é por tradição um país que utiliza lenhas e outros combustíveis lenhosos no aquecimento doméstico. Existe uma tradição enraizada e hábitos adquiridos neste âmbito, o que constitui uma vantagem no desenvolvimento deste mercado.

Ao nível de produção de combustíveis lenhosos, refere-se que existe pelo menos uma empresa nacional de produção de briquetes, as briquetes Raro. Já em matéria de peletes, verifica-se a sua importação de outros países, nomeadamente do Canadá, segundo informação do Centro de Biomassa para a Energia.

No entanto, acresce referir que existe um projecto para a construção de uma unidade de produção de peletes no Alentejo, que está a ser desenvolvido pela ARECBA, mas que por várias razões ainda não foi implementado.

Refere-se que a utilização de combustíveis densificados, quando comparada com os combustíveis tradicionais, está associada a uma série de vantagens sociais e ambientais que devem ser tidas em conta e que podem contribuir favoravelmente para aumentar a sua rentabilidade face aos combustíveis fósseis (Ortíz, 1994).

Neste âmbito, um factor importante a ter em conta na implementação dos sistemas de aquecimento a biomassa consiste na descentralização e localização dos mesmos na proximidade dos locais de origem da matéria-prima. Nesta sequência, quando se utilizam combustíveis de biomassa, os benefícios da produção energética vão recair directamente sobre o meio rural, podendo contribuir, à semelhança do que está a ser feito noutros países, para o desenvolvimento de zonas mais pobres (Ortíz, 1994).

4.2. Análise do mercado de peletes e sua utilização no aquecimento doméstico em vários Estados –Membros

Com base num estudo designado “Peletes de Madeira na Europa”, elaborado pela Rede de Industrial de Peletes de Madeira (RIPM), no âmbito de um Projecto do Programa Thermie, em Janeiro de 2000, procede-se à análise da situação das peletes de madeira, desde a produção até a comercialização e posterior utilização no aquecimento doméstico na Europa. A nível europeu deram especial ênfase a países com um mercado de utilização de peletes já consolidado, como sejam a Suécia, a Alemanha e a Áustria, tendo sido incluída a Noruega devido ao seu potencial em matéria-prima ser muito promissor. Neste contexto, procede-se a uma análise pormenorizada da situação de mercado, tecnologias e actividades, evidenciando os factores positivos e negativos no que respeita à penetração no mercado deste combustível compactado.

Neste âmbito, a designação “tecnologia das peletes” é um termo que inclui todos os aspectos que necessitam ser tidos em consideração no “marketing” desta fonte de energia renovável, que compreende a produção e o desenvolvimento de peletes, os sistemas de aquecimento, vendas e serviços e as condições locais a aplicar. Este

tópico integra aspectos técnicos, económicos, logísticos e ambientais (Rede de Industrial de Peletes de Madeira, 2000).

Nesta sequência, procede-se seguidamente a uma descrição da situação da tecnologia das peletes de madeira em alguns países europeus, nomeadamente no que respeita à capacidade de produção, empresas de peletização, sistemas de aquecimento e produtores, características específicas do mercado, estrutura de construção, aquecimento tradicional e estrutura de custos.

Suécia

Com base num estudo designado “Peletes de Madeira na Europa”, elaborado pela Rede de Industrial de Peletes de Madeira (RIPM), no âmbito de um Projecto do Programa Thermie, em Janeiro de 2000, procede-se à análise da situação do mercado das peletes de madeira, desde a sua produção até à comercialização e posterior utilização no aquecimento doméstico na Suécia.

Em 1996, a biomassa contribuiu para o consumo interno bruto com 14% e para a procura final de energia com cerca de 12%, referindo-se que mais de 50% da bioenergia é usada na indústria (RIPM, 1999).

A quantidade de calor fornecida pelas unidades de aquecimento distrital na Suécia triplicou nos últimos 5 anos. O aquecimento a baixa temperatura é fornecido em 35% das habitações suecas por unidades distritais e lareiras e em 14% das habitações por caldeiras, por sua vez, cerca de 23% das habitações utilizam electricidade no aquecimento, 22% utilizam petróleo e 1% gás natural (Rede Industrial de Peletes de Madeira, 2000).

A biomassa é o principal combustível utilizado nas unidades distritais de aquecimento, representando cerca de 43% do total.

Como constrangimentos à utilização da biomassa no aquecimento doméstico na Suécia, refere-se que as habitações nem sempre dispõem de um sistema de canalização para a água quente. Deste modo, a substituição de um sistema de aquecimento eléctrico por aquecimento central a biomassa envolve um investimento considerável (RIPM, 2000).

A legislação sueca em matéria de energia e política energética foi inicialmente publicada em 1991, existindo uma tradição na implementação de medidas fiscais para promoção da utilização de combustíveis de biomassa no aquecimento, nomeadamente através de impostos sobre as emissões de CO₂ e de enxofre presente no petróleo e no carvão e de taxas mais pesadas associadas ao uso de energia nuclear, de combustíveis fósseis e electricidade (Rede Industrial de Peletes de Madeira, 2000).

Em termos de subvenções, foram criados subsídios para converter edifícios com aquecimento eléctrico em aquecimento distrital a biomassa, bem como foi dado apoio para a realização de guias energéticos municipais ou locais.

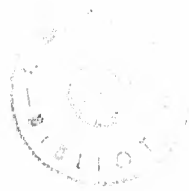
Em termos históricos, a primeira experiência na produção de peletes na Suécia decorreu no final dos anos 1970's, com a decisão de construir a primeira central de peletes. Apesar de se terem verificado alguns problemas associados ao funcionamento das primeiras centrais, estes foram sendo ultrapassados com a realização de novas experiências neste âmbito.

Relativamente à capacidade de produção de peletes na Suécia, foi estimado um valor de 1.000.000 t/ano pela indústria como a quantidade de matéria-prima disponível para peletização (serradura, podas e estilha). Caso sejam elaborados novos projectos, será necessário o recurso a outro tipo de matéria-prima, tais como resíduos de corte da floresta e colheitas (RIPM, 2000).

Em 1999, foram utilizadas para combustão entre 570.000 e 600.000 t de peletes de madeira. A oferta dos produtores de peletes suecos foi de 470.000 t para uma capacidade instalada de cerca de 1.000.000 t. Do quantitativo total de peletes produzidas, 220.000 t foram entregues a apenas um cliente, para aquecimento central a larga-escala. As restantes 250.000 t foram utilizadas em caldeiras de tamanho médio. Por sua vez, verifica-se que a utilização de peletes por pequenos produtores não é uma prática usual (RIPM, 2000).

Em 1998, os suecos produziram normas de qualidade para peletes de madeira.

No que respeita à importação de peletes, a Suécia importou cerca de 100.000 t de peletes, sendo a maioria proveniente do Canadá, mas também de outros países



bálticos como a Polónia e a Holanda. É evidente que o transporte de peletes desde o Canadá até à Suécia por via marítima é vantajoso, devido aos baixos custos de transporte.

Na Suécia, o uso de peletes de madeira é efectuado essencialmente para três grandes grupos de utilização tecnológica (RIPM, 2000):

1. Centrais de aquecimento de larga escala.
2. Centrais de combustão de média dimensão (0,5 a 4 MW)
3. Pequenas caldeiras e recuperadores de calor (1,0 até 25 kW)

Na primeira categoria referida, os queimadores desenvolvidos podem obter bons resultados com o uso de partículas de madeira como combustível. Os sistemas de combustão que foram convertidos para queima de peletes de madeira também operam de forma eficiente (RIPM, 2000).

Na segunda categoria, não foram desenvolvidos equipamentos especiais para peletes de madeira, existindo um potencial de mercado para as empresas desenvolverem equipamento específico para este tipo de combustão.

No contexto da terceira categoria acima referida, existe uma lista de equipamentos que têm vindo a ser desenvolvidos para combustão de peletes de madeira, no entanto estes continuam a apresentar alguns problemas e nenhum destes modelos pode ser totalmente recomendado.

Em 1998, o número de unidades de combustão consistia em 9.000 queimadores de peletes (a maioria dos quais veio substituir queimadores a petróleo em caldeiras existentes), 100 caldeiras de combustão e 1.500 recuperadores de calor a peletes (RIPM; 2000).

Em 1998, cerca de 40% das peletes produzidas foram queimadas numa única central de aquecimento a larga-escala. A parte restante foi queimada em centrais de combustão de média escala e em recuperadores de calor.

Descreve-se em seguida no Quadro 4.10, o consumo de energia em sistema de aquecimento em habitações privadas.

Quadro 4.10- Consumo de energia em sistemas de aquecimento em habitações privadas.

	Lareira	Petróleo	Equipamento eléctrico	Aquecimento eléctrico de água	Aquecimento distrital	Gás natural	TOTAL
Nro de habitações	400.000	562.000	514.000	241.000	144.000	20.000	1.881.000
%	21,3	29,9	27,3	12,8	7,7	1,1	100
TWh	12	14	14	7	3,6	0	36.727

Fonte: Rede Industrial de Peletes de Madeira, 2000.

Relativamente ao potencial de mercado para os diferentes sistemas de aquecimento na Suécia, refere-se que o principal entrave à opção por um sistema a biomassa está essencialmente associado aos elevados investimentos associados à conversão de sistemas a electricidade, petróleo ou gás (RIPM, 2000).

Neste contexto, refere-se que o mercado dos recuperadores de calor é considerado muito promissor. Encontra-se disponível no mercado um sistema especial “pellet-vent”, que foi desenvolvido nos Estados Unidos, verificando-se uma elevada eficiência do sistema. No entanto, a conversão para este sistema implica elevados investimentos, uma vez que estas habitações frequentemente não dispõem de chaminé.

Em relação aos queimadores de peletes, que consistem em unidades de combustão usadas para converter câmaras de combustão alimentadas a petróleo por peletes, o custo de conversão situa-se entre 1.700 € e 2.000 €. Nestes casos, é também necessário um sistema de armazenamento adicional, cujo custo associado é aproximadamente igual ao do queimador (RIPM, 2000).

No que respeita a caldeiras de peletes, este produto destina-se ao mesmo mercado do queimador de peletes referido. Geralmente, os consumidores consideram esta opção muito dispendiosa e optam pelo queimador. Podem surgir alguns problemas técnicos associados à sua utilização, uma vez que o mesmo pode não estar ajustado à câmara de combustão existente.

Em termos de oferta, refere-se que, com a introdução das peletes no mercado, foram desenvolvidos pequenos sistemas de queima de peletes. Uma vez que é necessária a apresentação de preços competitivos para estes sistemas, encontra-se em discussão o facto de existirem produtores que colocaram no mercado um produto sem os meios financeiros necessários para fazer face aos problemas associados. As situações desta natureza podem ter impactos muito negativos nos consumidores.

No que respeita a caldeiras de média escala existe uma situação mais favorável, uma vez que os produtores podem conseguir um preço melhor para o seu produto. Esta situação também acontece no caso das caldeiras de larga escala.

Em matéria de preços do combustível, as peletes são vendidas aos grandes consumidores por um valor inferior a 100€/t, o que corresponde 21,37€/MWh, também são comercializadas em sacos de 16kg por um valor de 156,50€/t, correspondendo a 33,28€/MWh. Por sua vez, o preço do petróleo para pequenos consumidores é de 446,90€/m³, correspondendo a 45,60€/MWh, e a electricidade apresenta um valor de 83,80€/MWh (RIPM, 2000).

Neste contexto, refere-se a importância do marketing no desenvolvimento do mercado das peletes de madeira. Para que o mercado das peletes cresça, alguns produtores de grande dimensão oferecem aos clientes uma unidade de aquecimento completo e vendem calor em vez de petróleo. O cliente paga por kWh fornecido, sendo efectuada a medição do calor utilizado (RIPM, 2000).

Em 1998, uma empresa petrolífera iniciou o fornecimento de peletes de madeira directamente, através da rede existente de estações de fornecimento de petróleo. Outras empresas petrolíferas poderão seguir esta estratégia de oferta de energia, utilizando a rede de fornecimento de petróleo já existente.

Em termos de Associativos, foi criada a SVEBIO, que é uma Associação para a Biomassa, que é membro da AEBIOM. Existe também uma associação dos produtores de peletes, que foi formada em 1998 com o objectivo de desenvolver esta indústria e o seu mercado. Igualmente, foi formado um Comité Técnico para discussão e análise de aspectos técnicos e de marketing.

O principal problema ao nível de marketing consiste na necessidade de informar e convencer os consumidores de que as peletes de madeira são um bom combustível alternativo. Existem, no entanto, algumas situações que criam entraves à utilização de peletes em pequenas unidades de aquecimento, tais como o armazenamento, o fornecimento e o serviço ao cliente.

Noruega

Com base num estudo designado “Peletes de Madeira na Europa”, elaborado pela Rede de Industrial de Peletes de Madeira (RIPM), no âmbito de um Projecto do Programa Thermie, em Janeiro de 2000, procede-se à análise da situação das peletes de madeira na Noruega.

Em termos históricos, a Noruega tem sido um caso especial em termos de produção e consumo de energia. Actualmente, cerca de 50% do consumo total de energia é fornecido por electricidade produzida a partir de energia hidroeléctrica. Esta situação resultou do desenvolvimento de infra-estruturas ao nível dos edifícios com predomínio da distribuição de aquecimento a partir de electricidade, em detrimento de sistemas de aquecimento a biomassa (RIPM, 2000).

Considera-se que a expansão da rede eléctrica tem limitações essencialmente de carácter de preservação ambiental. Assim, verificando-se um aumento do consumo de electricidade a um ritmo superior ao da sua produção, esta situação resultou numa necessidade de importação de electricidade de países vizinhos, o que está a criar problemas, tendo sido criado pelo Governo um grupo de peritos para avaliar a situação e estudar propostas e estratégias alternativas.

No que diz respeito à informação geral em matéria de peletes de madeira, verificou-se que a produção de peletes em larga-escala na Noruega é uma actividade relativamente recente. Em 1999, foi estimada uma produção de peletes de aproximadamente 20.000 toneladas, das quais 11.000 toneladas foram exportadas para a Suécia. As unidades existentes estão a produzir quantitativos muito inferiores aos da sua capacidade por falta de mercado (RIPM, 2000).

Vários projectos de produção de peletes foram planeados, mas uma parte não está a operar, devido à difícil situação de mercado ou outras razões. Caso o mercado de

utilização de peletes não aumente nos próximos anos, as indústrias produtoras de peletes terão sérios problemas financeiros (RIPM, 2000).

Neste contexto, assume grande importância a criação de um mercado do consumidor, considerando-se como requisitos chave uma intervenção ao nível da matéria-prima, da distribuição, logística e armazenamento.

Ao nível do fornecimento de matéria-prima, refere-se que a indústria da madeira está muito disseminada por todo o país. Nestas áreas, os sub-produtos e produtos da indústria transformadora oferecem uma quantidade considerável de matéria-prima (serrim) que é utilizada na produção de peletes. Estima-se que o potencial de oferta de matéria-prima para produção de peletes é muito superior à actual produção de peletes. Até ao momento, não se verificaram problemas associados à disponibilidade de material (RIPM, 2000).

Em termos de distribuição, logística e armazenamento, não existe na Noruega uma rede nacional de distribuição que abranja toda as regiões. Várias regiões têm um fornecimento fiável, enquanto regiões próximas de indústrias e operadores intermediários. As peletes são fornecidas por todas as indústrias existentes e por um conjunto de empresas de comercialização, normalmente as mesmas empresas que comercializam queimadores de peletes ou recuperadores de calor a peletes (RIPM, 2000).

As peletes são fornecidas em *big bags* ou por cisterna. O uso de embalagens de peletes de 20 kg ou menores não está muito generalizada, embora muitos fornecedores já estão a iniciar este tipo de distribuição.

Em relação aos sistemas de aquecimento e uso potencial de peletes, verifica-se que o uso de aquecimento distrital não é muito comum na Noruega. Existem 20 redes distritais de aquecimento de média e grande dimensão. Apenas duas regiões têm uma estrutura bem estabelecida de aquecimento distrital. Esta situação decorre do aquecimento distrital nunca ter sido uma prioridade em termos de políticas nacionais e regionais (RIPM, 2000).

Recentemente, foram iniciados projectos de aquecimento distrital em cidades e vilas de média e pequena dimensão, a maioria das quais associadas à utilização de

bioenergia e incineração de resíduos. Devido aos investimentos avultados e aos subsídios das autoridades públicas escassearem, apenas existe uma hipótese limitada de que estes planos de projectos sejam implementados num futuro próximo (RIPM, 2000).

O sistema de aquecimento na Noruega é descrito no Quadro 4.11.

Quadro 4.11- Sistema de aquecimento existente na Noruega.

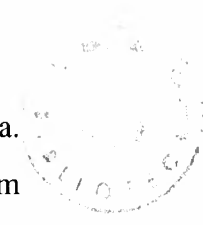
Nro total de apartamentos	1.769.000	Potencial de uso de peletes	
Sistema de aquecimento	Número	Adequado a queimadores de peletes	Adequado a recuperadores de calor a peletes
Aquecimento eléctrico combinado com recuperadores de calor a combustíveis sólidos	619.000 (35%)	Não	Sim
Aquecimento eléctrico	418.000 (23,6%)	Não	Sim (se existe chaminé)
Aquecimento eléctrico combinado com recuperadores de calor a combustíveis sólidos ou líquidos	209.000 (11,8%)	Não	Sim
Aquecimento central	171.000 (9,7%)	Sim	Não
Recuperadores de calor a combustíveis sólidos	93.000 (5,3%)	Não	Sim
Recuperadores de calor a combustíveis líquidos	51.000 (2,9%)	Não	Sim
Aquecimento central combinando 1 ou mais fontes de energia	44.000 (2,6%)	Sim	Sim

Fonte: Rede Industrial de Peletes de Madeira, 2000.

Os dados revelam que o sector residencial se caracteriza por a maioria das habitações (cerca de 70%) ter aquecimento eléctrico como sistema de aquecimento único ou dominante, sendo muito comum haver soluções combinadas (cerca de 50%), com diferentes fontes de energia. Acresce referir que o uso de recuperadores de calor a madeira como aquecimento adicional está muito disseminado (54%), existindo poucas habitações com aquecimento central (Rede Industrial de Peletes de Madeira, 2000).

O potencial para criar sistemas de aquecimento a peletes em habitações já existentes (Rede Industrial de Peletes de Madeira, 2000):

- O potencial para converter aquecimentos centrais a queima de petróleo em sistemas de queima de peletes é limitado por causa da baixa representatividade de aquecimentos centrais.

- 
- O potencial para introduzir recuperadores de calor a peletes é muito elevada. Teoricamente as habitações com aquecimento eléctrico combinado com recuperadores de calor ou apenas recuperadores de calor poderiam usar peletes como alternativa ou suplemento sem elevados investimentos ou alterações nos edifícios (56,9%).
 - Também a partir da sensibilidade do consumidor, dos costumes e hábitos do uso de lareiras nas suas habitações, os recuperadores de calor a peletes podem ter uma boa aceitação, combinando a inovação tecnológica com uma tradição nacional de aquecimento com fortes raízes e muito disseminada.

Em termos de tecnologias de aquecimento e de produtos, refere-se que os recuperadores de calor são principalmente importados da Suécia, Áustria e dos EUA, e os queimadores de peletes da Suécia e Dinamarca (RIPM, 2000).

No que respeita aos consumidores e serviços de aquecimento existentes, refere-se que tem vindo a aumentar o interesse pelo combustível biomassa e, em especial, pelas peletes de madeira. No entanto, a penetração no mercado parece ser difícil.

O mercado da biomassa é característico pelo facto das três maiores empresas petrolíferas terem estabelecido novas oportunidades ou empresas para gerir o mercado da biomassa, com o objectivo de criar serviços de energia baseados na biomassa como um suplemento dos seus serviços de energia convencionais (Rede Industrial de Peletes de Madeira, 2000).

Não se verificou uma alteração substancial nas novas tecnologias de aquecimento de biomassa, deste modo, a quase a totalidade das empresas enfrentam dificuldades económicas devido à redução dos preços da energia (petróleo e electricidade).

Os principais consumidores de peletes para utilização em queimadores com capacidade superior a 200kW, consistem, na sua maioria, em escolas, ginásios, complexos desportivos universitários, edifícios públicos, hospitais e piscinas.

A situação de mercado e a penetração da peletes no aquecimento tem registado um aumento, particularmente de produtos e serviços, tendo a este nível a Associação da Biomassa Norueguesa (Nobio) um papel muito activo de divulgação de informação

sobre os desenvolvimentos mais recentes, projectos e serviços. Algumas empresas privadas desenvolveram bases de informação e *sites* na *Internet*.

A situação das peletes caracteriza-se por um mercado específico praticamente inexistente. Têm vindo a ser implementadas acções de marketing isoladas e efectuadas por diferentes empresas (produtores de peletes, fornecedores de energia, vendedores de tecnologia de aquecimento), no entanto nenhuma acção de marketing foi generalizada e de grande impacto (RIPM, 2000).

Para qualquer estratégia de marketing é importante perceber-se que o mercado não é homogéneo, havendo diferentes grupos com condicionalismos e requisitos próprios, que devem ser abordados de forma específica, nomeadamente o uso de queimadores de peletes para aquecimento central de edifícios de grande dimensão, edifícios complexos ou conjuntos de edifícios é um mercado apelativo para administradores, instituições públicas, municípios, indústria, entre outros

O mercado potencial para recuperadores de calor a peletes poderá ser promissor, contudo existem alguns entraves, nomeadamente o facto do sector doméstico na Noruega ser dominado por habitações uni-familiares, a maioria das quais dispõem de aquecimento eléctrico directo, dificuldades na transformação do acumulador eléctrico existente em habitações para aquecimento e devido às fracas infra-estruturas associadas (RIPM, 2000).

Em termos de economia, custo da estrutura e competitividade, refere-se que o preço das peletes relativamente ao petróleo e à electricidade pode ser descrito *grossa modo* da seguinte forma (RIPM, 2000):

Preço médio por kW (incluindo taxas, não incluindo o custo do capital de investimento):

Electricidade - Eur 0,055 – 0,062

Petróleo - Eur 0,037 – 0,049

Peletes - Eur 0,027 – 0,043

Preço médio por kW (incluindo taxas e custo do capital de investimento):

Electricidade - Eur 0,063

Aquecimento distrital - Eur 0,074

Aquecimento central combinado a petróleo e electricidade - Eur 0,100

Central de aquecimento a biomassa –Eur 0,106

(Fonte: RIPM, 2000)

Em termos de subvenções, refere-se que o programa actual de subsídios pode apoiar alguns projectos, mas não é suficiente abrangente para assegurar a penetração da biomassa no mercado. Esta é uma das razões para a lenta disseminação da bioenergia na Noruega quando comparada com a Finlândia, Suécia, Dinamarca e Áustria (RIPM; 2000).

A penetração no mercado tem desvantagens várias associados às infra-estruturas e logística, nomeadamente o forte desenvolvimento de infra-estruturas e equipamentos de abastecimento eléctrico de aquecimento, um aquecimento distrital pouco representativo, o facto da logística para o fornecimento da biomassa estar limitada a poucas regiões e localidades e, por último, a estrutura habitacional ser de carácter disperso que não favorece o aquecimento distrital (RIPM; 2000).

Outro entrave à penetração de peletes no aquecimento doméstico está associado às características do mercado. Verifica-se que o mercado para o aquecimento a electricidade ou petróleo está muito bem organizado e bem mais desenvolvido do que o mercado da bioenergia. Salienta-se ainda uma falta de informação pública e demonstrações práticas no sector da bioenergia, bem como uma procura reduzida de peletes pelos consumidores. Em termos de tecnologia, os fornecedores de equipamentos de aquecimento tradicional não dispõem de recuperadores de calor a peletes e queimadores nos seus estabelecimentos comerciais e os serviços técnicos são ainda muito limitados. Por último, as estratégias em termos comerciais são isoladas e sem visibilidade (RIPM, 2000).

Os subsídios são baixos considerando a comparticipação dos custos de investimento dos projectos e o mesmo se verifica em termos de possíveis resultados numa escala mais abrangente.

Outra questão está essencialmente associada a factores culturais, de tradição e mentalidade. Esta questão traduz as opções dos consumidores e construtores que estão habituados a escolher a electricidade (RIPM, 2000).

Entre os factores que podem encorajar a penetração de peletes no mercado pode distinguir-se a existência de matéria-prima para a produção de peletes, o mercado vizinho sueco poderia ajudar ao estabelecimento do mercado na Noruega, a expectativa da subida dos preços da energia no futuro, a utilização disseminada do uso de madeira no aquecimento de edifícios havendo uma semelhança em termos culturais e tecnológicos com o uso de peletes. Outro incentivo de destaque partiu do Governo Norueguês que declarou a prioridade de conversão de aquecimento eléctrico em aquecimento com novas energias renováveis. As grandes empresas petrolíferas estão a investir no mercado das peletes e deste modo podem dar um impulso para o desenvolvimento deste mercado difícil (RIPM, 2000).

Em termos de mercado, verifica-se que é necessário uma actuação que promova e divulgue mais e melhor a informação sobre o produto peletes, nomeadamente em exposições e feiras e com campanhas específicas de informação. É também necessário que sejam os próprios fornecedores de equipamentos a comercializar recuperadores de calor e queimadores de peletes (RIPM, 2000).

Por último, destaca-se a importância de desenvolver projectos e protótipos demonstrativos em todos os municípios e regiões.

Alemanha

Com base num estudo designado “Peletes de Madeira na Europa”, elaborado pela Rede de Industrial de Peletes de Madeira (RIPM), no âmbito de um Projecto do Programa Thermie, em Janeiro de 2000, procede-se à análise da situação das peletes de madeira na Alemanha.

Na Alemanha, refere-se que a biomassa representou 1,3% do consumo bruto interno e 1,1% da procura de energia final em 1996. Do total de novas habitações construídas em 1996 (213.230), 4% foram aquecidas a biomassa, bombas de calor, energia solar e aquecimento distrital, 0,2% a carvão, 24,7% a petróleo, 69,7% a gás natural e 1,5% a electricidade (RIPM, 2000).

Em termos de política energética e legislação em matéria de energia, a Alemanha publicou o Acto de Gestão da Energia em 1998, a partir do qual o sector da energia ficou sob regulação do Estado. O acto visou a segurança no fornecimento de electricidade e gás, através de linhas de distribuição que são consideradas seguras, ajustando a componente ambiental numa lógica de custo-eficiência.

As Autoridades Federais, do Estado e a nível local promovem o uso de fontes de energia renováveis através de vários Programas de apoio, por vezes, de curto prazo, com participações limitadas e que frequentemente sofrem alterações (RIPM, 2000).

Em matéria de medidas fiscais, o apoio à penetração dos biocombustíveis no mercado é efectuado de forma indirecta por acção de instrumentos fiscais, nomeadamente taxas sobre os produtos petrolíferos, gás natural e electricidade que têm vindo a sofrer um agravamento (RIPM, 2000).

Em matéria de subvenções, na Alemanha foram criados subsídios que consistem no apoio através do orçamento federal de medidas individuais que envolvam o uso de fontes de energia renováveis. Estas medidas não representam um Programa geral para introduzir fontes de energia renováveis no mercado. Como medidas de apoio à biomassa refere-se a instalação e extensão das centrais de biomassa para produção de vapor, de calor e centrais combinadas de calor e energia com capacidade superior a 50kW. Desde 1999 que a instalação de aquecimentos de pequena dimensão foram apoiados pelo Governo. Podem ainda referir-se subsídios para apoio as matérias-primas renováveis e medidas demonstrativas com recurso a energias renováveis. Refere-se que apesar de haver muitos Programas em vigor, não há, no entanto, coordenação entre os vários Programas Federais, de Estado e Locais.

A área florestal é de cerca de 30% da Alemanha e o volume de madeira aumenta cerca de 60 milhões de m³/ano. Do total de reservas existente nas florestas alemãs, cerca de 40 milhões de m³ são usados anualmente, ficando cerca de 20 milhões de m³ por ano na floresta. Considera-se que cerca de 20% da quantidade média usada anualmente, aproximadamente 8 milhões de m³ poderiam ser transformados para produzir peletes de madeira (RIPM, 2000).

A produção de peletes, a partir de madeiras comerciais, foi iniciada em vários locais na Alemanha durante os anos de 1998 e 1999. A Alemanha tem 6 produtores de peletes e madeira a operar e várias centrais planeadas. Os especialistas em biomassa estimam que existem cerca de 800.000 e 1.100.000 toneladas de matéria-prima disponíveis para peletização. Caso se verifique um aumento da procura de peletes no futuro, os resíduos de madeira da indústria transformadora da madeira serão reencaminhados para a produção de peletes ou eventualmente para produção de energia, o que poderá estar dependente dos preços que os fornecedores vão dar a estes produtos (RIPM, 2000).

No que respeita o uso de peletes, quer a nível da produção como da combustão, este encontra-se numa fase inicial na Alemanha, no entanto o interesse por sistemas de aquecimento a peletes de madeira está a crescer rapidamente. O uso de peletes está concentrado num nicho de mercado de habitações de baixo consumo energético, cerca de 1.500 kg por 100 m² de área de habitação. Presentemente, existe uma procura de unidades de aquecimento com um elevado nível de poupança energética nas habitações (RIPM, 2000).

Os produtores de equipamento de combustão responderam ao crescimento recente do mercado das peletes. As unidades de combustão são importadas maioritariamente da Áustria, Dinamarca e Suécia. Tem vindo a verificar-se progressos técnicos consideráveis ao nível dos recuperadores de calor a madeira (2 e 8 kW) e de câmaras de combustão (8 a 25 kW) (RIPM; 2000).

Em termos de preço do combustível, refere-se que os preços das peletes de madeira podem ir desde 127.830 €/t em grandes unidades até 201.517 €/t para pequenas quantidades (RIPM, 2000).

Podem observa-se no Quadro 4.11. os custos totais anuais do combustível petróleo, gás, peletes e estilha de madeira numa habitação isolada com 150 m² de área de aquecimento (20.000 kWh/ano de energia utilizada).

Quadro 4.11 Custos totais anuais do combustível petróleo, gás, peletes e estilha de madeira numa habitação isolada com 150 m2 de área de aquecimento (20.000 kWh/ano de energia utilizada).

Combustível	Peletes	Gás	Petróleo	Estilha de madeira
Unidades	kg	M3	litro	Sm3
Custos [DEM/unidade]	0,31	0,590	0,7	25,0
Quantidade de combustível/ano	3,390	2,305	2,305	30
Custo total/ano [DEM]	1,391	1,359	1,645	750
Custo total/ano[€]	711,207	694,845	841,075	383,468
Custo/kWh[DEM]	0,0695	0,0679	0,117	0,0375
Custo/kWh[€]	0,0355	0,3471	0,5982	0,1917

Fonte: Rede Industrial de Peletes de Madeira, 2000.

Áustria

Com base num estudo designado “Peletes de Madeira na Europa”, elaborado pela Rede de Industrial de Peletes de Madeira (RIPM), no âmbito de um Projecto do Programa Thermie, em Janeiro de 2000, procede-se à análise da situação das peletes de madeira na Áustria.

Na Áustria, as florestas ocupam uma área de cerca de 47% do território nacional e o crescimento anual da madeira excede a exploração. Genericamente, o quantitativo de crescimento da madeira situa-se entre 27 e 31 milhões de m³ por ano, encontrando-se a exploração a cerca de 2/3 do crescimento verificado (20 milhões de m3) (RIPM, 2000).

Considerando as condições naturais deste país, refere-se que a Áustria está claramente vocacionada para o uso de madeira, sob a forma de toros, estilha ou peletes de madeira. Na Áustria, os principais usos da biomassa consistem no aquecimento das habitações e o abastecimento de calor a baixa temperatura (RIPM, 2000).

Considerando o total das habitações (3.147.800), cerca de 16,3% são aquecidas com biomassa e 12,4% com recurso a aquecimento distrital, 5,8% a carvão, 27,4% a petróleo, 9,8% a electricidade, 25,2% a gás natural e 3,1% com combustível desconhecido.

Desde o início dos anos noventa que o aquecimento de habitações a biomassa tem vindo a decrescer significativamente, devido a várias infra-estruturas e equipamentos

se encontrarem obsoletos. Na maioria dos casos, têm-se verificado a substituição, mas não por sistemas a biomassa (RIPM, 2000).

Com a evolução registada na Áustria relativamente aos sistemas de aquecimento poderem contribuir para uma maior conveniência, poderá verificar-se uma substituição dos recuperadores de calor por aquecimento central e distrital para distribuição. Neste contexto, ocorreu de facto um aumento dos sistemas de aquecimento moderno a biomassa que proporcionam um elevado conforto (estilha de madeira ou peletes) (RIPM, 2000).

Na generalidade, o número de habitações aquecidas a madeira decresceu em 7%, no caso do carvão decresceu 49%, por sua vez, o gás registou um aumento de 33%, o petróleo de 9%, a electricidade de 20% e o aquecimento distrital de 59%.

Neste contexto, as peletes de madeira são vistas como uma nova alternativa que conduz a um aumento do uso de combustíveis de biomassa, desde que forneçam os serviços que os consumidores procuram.

Inicialmente, as peletes eram principalmente usadas em recuperadores de calor, tendo havido uma experiência da sua utilização no aquecimento distrital a biomassa. No entanto, a perspectiva da sua utilização a larga escala em sistemas de aquecimento distrital foi negligenciada, considerando que o seu preço não é competitivo comparativamente à estilha de madeira. Geralmente, utilizam-se peletes de qualidade inferior nestes sistemas, frequentemente as peletes rejeitadas dos sistemas de aquecimento de pequena dimensão (RIPM, 2000).

A política energética austríaca visa enquadrar o fornecimento sustentado de energia considerando os requisitos ambientais. Pretende-se inverter a previsível extinção dos recursos de energia nacionais num curto período de tempo, para o efeito iniciou atempadamente a promoção do desenvolvimento das fontes de energia renováveis. O governo Federal apoia a racionalização energética e considerou que a melhor alternativa passava pela promoção das energias renováveis e particularmente pelo aumento da penetração da biomassa no mercado (RIPM, 2000).

Em termos de medidas fiscais, foram introduzidas taxas sobre o CO₂ produzido, o gás e a electricidade. Aproximadamente 12% do valor recuperado pelas taxas é

disponibilizado para implementação de medidas de protecção ambiental e de racionalização da energia, incluindo a promoção das energias renováveis (RIPM, 2000).

Existem vários Programas que facilitam o marketing das energias renováveis tanto a nível federal como nas províncias, que vão desde taxas a subsídios em sectores como a construção de habitações, agricultura e indústria. Os investidores recebem elevados subsídios por integrarem o uso de energias renováveis nos edifícios que constroem.

Os Programas federais visam o apoio ao sector comercial, industrial e agrícola e são complementados por programas específicos para os sectores mencionados. Estes Programas são provavelmente o instrumento mais importante na Áustria para promoção do uso de energias renováveis (RIPM; 2000).

Na Áustria, existem 12 empresas produtoras de peletes de madeira, sendo a capacidade de produção de 118.300 toneladas em 1999 e a produção e vendas desse ano de 41.300 toneladas. Na Áustria, entre 600.000 e 1 milhão de toneladas de matéria-prima poderá estar disponível para peletização.

O uso mais importante consiste na queima de peletes em sistemas de aquecimento central individualmente em habitações de uma ou duas famílias.

Espera-se um aumento do uso de peletes para queima em sistemas de aquecimento central e recuperadores de calor, especialmente em sistemas de baixa energia em habitações. Para sistemas de aquecimento distrital de pequena dimensão, a utilização de peletes pode ter interesse, por causa destas exigirem menos espaço e as caldeiras de peletes serem mais eficientes do que o aquecimento por estilha de madeira (RIPM, 2000).

O Quadro 4.12. mostra o desenvolvimento do mercado de peletes de madeira na Áustria.

Quadro 4.12 - Mercado das peletes na Áustria (milhares de toneladas)

	1996	1997	1998	1999
Produção	15	20	30	35
Importação			1	1
Exportação	1	1	2	2
Para uso final na Áustria:	14	19	29	34
Dos quais em sistemas de aquecimento de pequena dimensão	13	18	28	33
Dos quais em centrais de aquecimento	1	1	1	1

Fonte: Rede Industrial de Peletes de Madeira, 2000.

Relativamente ao preço do combustível peletes, refere-se que o custo médio é de 0,0405 €/kW, sendo inferior ao preço médio do gás (0,0492 €/kW), do petróleo (0,0483 €/kW) e da electricidade (0,1526 €/kW). Neste contexto, refere-se que o factor limitante da penetração no mercado austríaco está associado ao elevado custo de investimento de sistemas de combustão, mais do que ao preço das peletes (RIPM, 2000).

4.3. Benchmarking do aquecimento a baixa temperatura em países europeus

Neste âmbito, é apresentada no Quadro 4.13 uma comparação dos custos de sistemas de aquecimento baseados em diferentes combustíveis, reflectidos no custo por kWh de calor obtido a partir de gás, petróleo, electricidade, lenha ou peletes. Nesta sequência, refere-se que o preço das peletes em sistemas centrais de aquecimento apresenta custos que podem ser competitivos quando comparados com outros combustíveis.

Quadro 4.13 –Preços de energia nos diferentes países europeus (Setembro, 1999).

País	Petróleo light para aquecimento (€/kWh)	Gás natural (€/kWh)	Electricidade (€/kWh)	Peletes de madeira (€/kWh)
Áustria	0,031	0,032	0,145	0,030
Bélgica	0,023	0,031	0,195	
Dinamarca	0,060	0,050	0,175	0,023
Finlândia	0,031	0,013	0,095	0,022
França	0,034	0,039	0,152	0,030
Alemanha	0,023	0,033	0,180	0,028
Reino Unido	0,023	0,025	0,125	0,021
Grécia	0,041		0,080	
Irlanda	0,028	0,033	0,115	0,021
Itália	0,075	0,055	0,075	0,056
Luxemburgo	0,024	0,022	0,151	
Holanda	0,037	0,027	0,128	0,020
Noruega	0,041		0,042	0,020
Portugal			0,138	0,041
Espanha	0,030	0,040	0,149	0,041
Suécia	0,046		0,084	0,021

Fonte: Rede Industrial de Peletes de Madeira, 2000

5. Produção e aproveitamento de briquetes e peletes no aquecimento doméstico em Portugal

Neste âmbito, pode referir-se que em Portugal, a fileira da biomassa não está organizada, desde a procura, à recolha, transformação e transporte, circuitos comerciais, entre outros (M. Collares-Prerira, 1998).

Embora em Portugal, existam condições em termos potenciais para um desenvolvimento deste mercado, nomeadamente o facto de ser um país com uma área florestal que ocupa 38% do território nacional, a par com a tradição existente em termos de utilização de lenhas e resíduos quer no sector doméstico, em especial para aquecimento, quer a nível industrial, na realidade a estruturação deste mercado está ainda numa fase inicial.

Em termos de produção de peletes e briquetes, embora estejam a ser dados alguns passos, nomeadamente existe uma unidade de produção de briquetes, as briquetes Raro, e se verifique a importação de combustíveis compactados, não existe um mercado estruturado.

Neste capítulo será efectuada uma análise dos principais factores que podem ser determinantes para o desenvolvimento de um mercado da biomassa, no qual se enquadra a utilização de peletes e briquetes no aquecimento doméstico. Para o efeito, serão detalhados os factores condicionantes associados à utilização energética de peletes, tendo em consideração a situação de mercado de peletes analisada no sub-capítulo 4.2 para os vários Estados-Membros. que apresentam já um mercado consolidado neste âmbito.

Em termos de aquecimento a nível doméstico, a situação a nível nacional caracteriza-se pela existência de alguns casos pontuais em edifícios públicos onde é efectuada a utilização de peletes ou briquetes no sector doméstico, geralmente apoiadas por programas de incentivos, não obstante a utilização de briquetes no aquecimento doméstico pelo consumidor final.



Nesta sequência, referem-se de seguida alguns casos de aquecimento doméstico em Portugal, bem como de um projecto existente para construção de uma fábrica de peletes no Alentejo, mas que por várias razões não foi implementado.

5.1. Estudo de caso de aquecimento aplicado ao sector doméstico

Nos municípios situados na região do Vale do Douro Norte, isto é, na região de Trás-os-Montes e Alto Douro, existe um projecto de aquecimento de escolas primárias com biomassa florestal, promovido pela Agência Regional do Vale do Douro Norte (AREVDN). Este projecto abrange os municípios de Murça, Santa Marta de Penagão, Vila Real e Mesão Frio.

A AREVDN está a desenvolver um projecto na região para aquecimento em escolas do 1º ciclo do ensino básico, o que vai permitir controlar as grandes amplitudes térmicas que se verificam na região.

Entre os anos de 1987 e 1990, aproveitando os financiamentos comunitários no âmbito do Programa de Valorização dos Recursos Endógenos (VALOREN) gerido pelo governo português, os municípios desta região instalaram em quase todas as escolas primárias vários aparelhos de aquecimento individuais e centrais. Estes equipamentos foram-se degradando, o que resultou, em parte, da falta de acompanhamento dos mesmos, em termos de contratos de manutenção, e também devido ao fornecimento irregular de combustível (AREVDN, 2001).

Pela Agência Regional de Energia do Vale do Douro Norte foi elaborado um novo projecto com vista a reestruturar os aquecimentos escolares do ensino básico, preparando as candidaturas ao Programa ENERGIA. Neste contexto, pretende-se reabilitar os equipamentos em funcionamento a biomassa florestal e instalar novos aparelhos de aquecimento individuais do tipo salamandras (para edifícios com menos de 4 salas de aula) ou caldeiras para Aquecimento Central (para edifícios com mais de 4 salas de aula). Acresce referir que este projecto prevê ainda o isolamento térmico das escolas através da colocação de mantas de lã de rocha nos tectos e calafetagens de portas e janelas e a construção de arrecadações de lenha para armazenar o combustível nas quantidades necessárias (AREVDN, 2001).

A nível das escolas, pretendem sensibilizar os alunos para a utilização de biomassa no âmbito do recurso a fontes de energias renováveis.

Relativamente ao fornecimento de combustível, o projecto foi inicialmente concebido para que os aparelhos de aquecimento fossem alimentados com a tradicional lenha de pinheiro ou eucalipto, no entanto foi apresentada uma solução alternativa que consistiu no uso de briquetes, que se revelou mais rentável e de fácil manuseamento. Um outro aspecto importante prende-se com os aspectos de logística de armazenamento e transporte, que são substancialmente favorecidos com o uso de briquetes comparativamente à lenha (AREVDN, 2001).

Cada município estabeleceu um contrato directamente com a empresa fornecedora, referenciando as quantidades necessárias ao aquecimento durante um ano lectivo, efectuando um faseamento a nível da distribuição em cada escola ou num armazém municipal (AREVDN, 2001).

Apresenta-se de seguida no Quadro 5.1. uma análise de custos por comparação de vários combustíveis alternativos a serem utilizados no âmbito deste projecto.

Quadro 5.1. – Análise comparativa de custos entre a utilização de lenha, briquetes e electricidade, como fontes de energia a ser utilizadas neste projecto.

Combustível	custos
Lenha (dados do fabricante para salamandras de 10kW)	10kg em cada 3 horas de funcionamento 20kg/dia*20 dias = 400kg/mês - 4 meses de consumo máximo de 600kg/mês = 2.400kg - 3 meses de consumo normal de 400 kg/mês = 1.200 kg - Sub-total = 3.600 kg/ano Total/ano= 3.600 + 50% = 5.400 kg/ano 5400kg/ano*14\$00/kg=75.600\$00/ano
Briquetes (resultados práticos para salamandras de 10 kW)	2.000kg/ano*28\$00/kg = 56.000\$00/ano
Energia Eléctrica (para potência de 10kW)	10kW*6H*20 dias*7meses = 8.400kWh 8.400kWh*17\$90/kWh = 150.360\$00/ano
Aquecimento Central de 50 kW	Briquetes: 10.000kg/ano*28\$00/kg = 280.000\$00/ano Energia eléctrica: 1.000.000\$00/ano

Fonte: AREVDN, 2001.

Neste contexto, optou-se pela utilização de briquetes uma vez que foi a alternativa mais económica.

Em termos de estudo de outros casos em Portugal, pode referir-se a utilização de biomassa no terciário, designadamente aquecimento de ambiente de escola primária com sarmentos de videira; aquecimento ambiente de escolas primárias com escamas de pinha; aquecimento de piscina com energia solar e escamas de pinha e climatização de estalagem com casca de amêndoa (Oliveira, 2001).

5.2. Projecto de Fábrica de Peletes no Alentejo

Encontra-se em estudo um projecto para implementação de uma fábrica de briquetes/peletes na região do Alentejo, que está a ser desenvolvido pela Agência Regional de Energia do Centro e Baixo Alentejo. O projecto consiste numa empresa transformadora que deverá utilizar como matéria-prima o bagaço de azeitona, resíduos de podas de oliveira e sarmentos de videira. A capacidade de produção estimada é de 9.000 toneladas de briquetes/peletes na 1ª unidade. Está previsto o consumo das mesmas no aquecimento de escolas e de edifícios municipais, a venda a retalhistas e à indústria.

O investimento inicial previsto é de 380 mil contos, sendo o activo corpóreo a maquinaria, o terreno de 9.300 m² e o equipamento de transporte. Como activo incorpóreo encontram-se abrangidos os estudos técnicos e a assistência técnica ao equipamento.

5.3. Factores determinantes para o desenvolvimento do aproveitamento de combustíveis compactados – peletes e briquetes - no aquecimento doméstico

As peletes de madeira têm um enorme potencial de mercado, no entanto, verifica-se que o mercado de combustíveis de biomassa ainda se encontra em fase de estruturação.

No que respeita a produção de peletes e briquetes, considera-se que existe um potencial em termos de disponibilidade de matéria-prima. As peletes e briquetes

como combustíveis de biomassa apresentam características que os diferenciam dos usos tradicionais. Estes combustíveis compactados têm elevada densidade energética, que possibilita o seu uso em pequenos sistemas automáticos de aquecimento com um elevado nível de conveniência para o utilizador. Um importante factor consiste na obtenção de um combustível de elevada qualidade e de fácil manuseamento em sistemas de aquecimento.

A utilização de biocombustíveis quando comparada com os combustíveis tradicionais, está associada a uma série de vantagens sociais e ambientais que devem ser tidas em conta e que podem contribuir favoravelmente para aumentar a sua rentabilidade face aos combustíveis fósseis (Ortíz, 1994).

Os sistemas de produção a biomassa devem ser descentralizados e localizados próximo dos locais de origem da matéria-prima. Nesta sequência, a diferença entre o que acontece para os combustíveis fósseis é de que os benefícios da produção energética recaem directamente sobre o meio rural, podendo contribuir, à semelhança do que está a ser feito noutros países, para o desenvolvimento de zonas mais pobres (Ortíz, 1994).

Na maioria dos casos, os preços dos biocombustíveis estão numa gama aproximada de valores do das energias fósseis e, deste modo, competem. A utilização dos biocombustíveis está, em muitas ocasiões, condicionada à existência de uma rede de mercado que assegure a correcta produção e a utilização dos combustíveis, mais do que o preço só por si isoladamente. No entanto, é essencial o desenvolvimento das tecnologias associadas à utilização de biocombustíveis e o aumento da sua viabilidade (Ortíz, 1994).

Em muitos casos, a falta de infra-estruturas (sem chaminé, sistemas de aquecimento centrais sem base em água) é a principal barreira à instalação de aquecimento por peletes (RIPM, 2000)

Um sistema de oferta (mercado) a funcionar mal ou irregularmente para o combustível, sistemas de aquecimento e serviços podem também desencorajar os consumidores a utilizarem este sistema de aquecimento. Por sua vez, os utilizadores do aquecimento tradicional podem constituir possíveis entraves à penetração da utilização deste novo sistema.

Contudo o principal factor é de natureza económica, onde tanto os custos do combustível, como os elevados custos de investimento constituem constrangimentos à sua utilização.

Relativamente à análise apresentada em termos de mercado de peletes nos vários Estados-Membros que têm já um mercado de utilização de peletes consolidado, referem-se alguns aspectos que poderão ser importantes com vista ao desenvolvimento deste mercado em Portugal. Neste âmbito, podem destacar-se a necessidade de apoio político e a existência de uma legislação nesta matéria que desenvolva formas de promoção de fontes de energias renováveis, em especial medidas fiscais que beneficiem esta forma de energia ou que eventualmente penalizem outras formas de energias, que pelas suas características possam ser causadoras de maiores prejuízos em termos ambientais.

Outro factor que parece ser decisivo em termos da implementação deste mercado consiste na criação de programas de apoio coordenados, que subvençionem nomeadamente a conversão de sistema de aquecimento doméstico com recurso a outras formas de energia, como a eléctrica ou o petróleo, por peletes ou briquetes. Em termos nacionais, devido a existir já uma tradição na utilização de lenhas, será eventualmente mais facilitador a substituição por briquetes, ou eventualmente com a introdução no mercado de equipamento que rentabilize a utilização de combustíveis densificados.

Em Portugal existe um potencial em termos de resíduos florestais e da indústria transformadora da madeira, que poderá ser canalizado para a utilização de peletes e briquetes. Será necessário o desenvolvimento de toda a logística de recolha, pré-tratamento, transporte eficiente, unidades de produção de peletes e briquetes de qualidade, bem como a estruturação de circuitos comerciais que assegurem o fornecimento destes combustíveis de forma estável, bem como os equipamentos necessários à sua utilização eficiente pelos consumidores finais. Devem assegurar a manutenção destes equipamento, bem como permitir que os mesmos sejam comercializados a preços competitivos.

De igual forma a utilização de briquetes e peletes no aquecimento doméstico estará sempre condicionada pelos preços de mercado que forem praticados em comparação aos combustíveis tradicionais alternativos.

Outro factor que é decisivo para o desenvolvimento do mercado de peletes consiste na aplicação de marketing que vise informar o consumidor das potencialidades que a utilização de peletes ou briquetes têm comparativamente à utilização de combustíveis tradicionais. Deverá estabelecer-se uma rede regional de marketing

A nível nacional o mercado da biomassa precisa ser estruturado. Para o efeito, são necessárias acções concretas e a conjugação de uma série de factores para que efectivamente este mercado se torne uma realidade.

Em termos da gestão florestal, deverão ser criadas acções em termos de limpeza sistemática adequada dos resíduos florestais que permita uma redução substancial do risco de incêndios e o surgimento de uma nova actividade económica (a nível da indústria de fabrico de equipamentos de recolha, processamento e de queima, e de recolha e distribuição comercial de um novo combustível, com a conducente), com a criação de emprego associado (M. Collares-Pereira, 1998).

Verifica-se que existem dificuldades que derivam da natureza e localização de parte da área florestal. Os constrangimentos existentes em termos de fisiografia da área florestal carecem do recurso a equipamento adequado e especializado para recolha de biomassa, que poderá estar futuramente disponível no mercado. Neste âmbito, haverá necessidade de ter em consideração os mecanismos de financiamento disponíveis para aquisição de equipamentos para o desempenho de uma actividade de recolha na floresta e matas (Fórum das Energias Renováveis, 2001).

No que respeita à gestão florestal, considera-se que, em matéria de incêndios florestais, deverão ser tomadas medidas e aplicadas técnicas adequadas para redução do risco de incêndio.

No âmbito da criação do mercado da biomassa florestal, devem desenvolver-se condições de base que permitam estabilizar o circuito oferta/procura. Deste modo, poderá ser dada uma garantia no que respeita à segurança no aprovisionamento do

JMNrecurso biomassa. Acresce referir que será indispensável a existência de unidades empresariais geridas de forma eficiente, que efectuem o escoamento dos resíduos de acordo com as regras de mercado (Fórum das Energias Renováveis, 2001).

Neste contexto, refere-se outra questão fundamental, em matéria de mercado da biomassa florestal, é a existência de uma tarifa verde diferenciada para a produção de electricidade a partir de fontes de energia renovável.

Os impedimentos que se verificam ao nível do mercado da biomassa, prendem-se com a instabilidade do circuito oferta/procura e podem ser colmatados pela consolidação da cadeia de produção/consumo, de forma a garantir o escoamento do produto das empresas fornecedoras de resíduos florestais.

Verificaram-se dificuldades várias ao nível da quantificação da biomassa, bem como na identificação do actual parque tecnológico, deste modo, seria desejável a elaboração de um Plano Estratégico sobre a Utilização das Energias Renováveis, ou especificamente para a Biomassa como fonte de Energia, à semelhança do *Plano de Fomento de Las Energias Renovables* efectuado por Espanha.

Outra questão que assume grande importância, uma vez que constitui a base de qualquer projecto nacional em matéria de biomassa, consiste num levantamento nacional que permita identificar o potencial de biomassa a ser utilizada para produção de energia, através da sua promoção nomeadamente em zonas rurais, onde existe uma apetência favorável à sua utilização.

Deverão ser desenvolvidos cursos de formação profissional, dirigidos aos técnicos que efectuem a limpeza de matas e da floresta, bem como aos técnicos que poderão operar nas próprias centrais de produção de energia e calor, ao nível da distribuição/fornecimento de matéria-prima e reparação de equipamentos a nível doméstico (Fórum das Energias Renováveis, 2001).

A nível das instalações de utilização de biomassa com fins de produção de energia, deverá ser efectuado um levantamento das situações existentes, tanto a nível doméstico, como da indústria. Seria desejável efectuar uma avaliação caso a caso para verificar da sua eficiência ou possíveis aspectos a melhorar.

Em termos de aquecimento doméstico a partir de combustíveis – peletes e briquetes, refere-se que actualmente existe já uma vasta variedade de equipamentos, para recuperação de calor, aquecimento a nível distrital, de produção de briquetes e peletes.

Outra questão a desenvolver consiste na dinamização do sector bancário no que respeita a abertura de linhas de crédito específicas no âmbito da actividade das energias renováveis, em especial no sector da biomassa (Fórum das Energias Renováveis, 2001).

O *Plano de Fomento de Las Energias Renovables* publicado em Espanha, refere que em termos de financiamento de projecto de biomassa a nível de uso térmico (distribuição de calor), o desenvolvimento deste tipo de aplicação não é economicamente viável nas condições actuais, devido à escassa utilização (número de horas equivalentes) que tem. Deste modo, precisa de todo o tipo de apoios públicos para fomentar a sua utilização. No entanto, a nível de térmica industrial, já se trata de uma aplicação economicamente viável com recursos próprios, que precisa de incentivos especiais para fomentar o seu uso e melhorar a competitividade no que respeita ao uso de outro tipo de combustível.

6. Conclusões

No presente trabalho, em termos da aposta na biomassa florestal como fonte de energia renovável, refere-se que existem orientações a nível europeu e nacional neste sentido.

Neste contexto, efectuou-se uma análise do recurso biomassa florestal residual e resíduos das indústrias transformadoras da madeira a nível nacional, no que respeita aos seu quantitativo, tecnologias e outros factores que possam influenciar a valorização deste recurso.

Considera-se que existe um potencial para a produção de combustíveis compactados, briquetes e peletes, e efectuou-se uma caracterização da sua situação em termos de mercado, no que respeita aos vários factores que podem influenciar o seu desenvolvimento.

Tendo em consideração que existe um potencial para a utilização de peletes e briquetes no mercado doméstico e de serviços, bem como a nível industrial, foi efectuada uma análise pormenorizada da situação de mercado existente noutros países, nomeadamente em Estados-Membros onde esta mesma prática se encontra já muito disseminada e com bons resultados conseguidos, o que permitiu a identificação de factores decisivos no desenvolvimento deste mercado.

Acresce referir que a nível da situação nacional deste mercado existe uma grande lacuna de informação, que constituiu um entrave no conhecimento do trabalho desenvolvido, quer em termos de produção de combustíveis compactados (peletes e briquetes), quer em termos da sua utilização no aquecimento doméstico.

Neste âmbito, procurou-se identificar factores positivos que podem conduzir ao desenvolvimento de um mercado da biomassa e em particular de combustíveis compactados de biomassa, as peletes e briquetes.

Em última análise, neste trabalho constitui o contributo possível para a caracterização da situação de mercado da biomassa, em termos de produto, tecnologias, factores condicionantes à sua organização, apontado soluções possíveis

para que este mercado possa ser estabelecido, com a convicção de que Portugal tem um potencial neste âmbito que poderá vir a ser desenvolvido no futuro.

7. Bibliografia

“Energia para o Futuro: Fontes de Energia Renováveis – Livro Verde para uma Estratégia Comum”. COM (96) 576, 20.11.1996

“Energia para o Futuro: Fontes de Energia Renováveis – Livro Branco para uma Estratégia e um Plano de Acção Comunitários” COM (97) 599 Final, de 26.11.1997.

Directiva 2001/77/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Setembro de 2001 relativa à promoção da electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis no mercado interno da electricidade [Jornal Oficial das Comunidades Europeias – L-283/33, 27.10.2001]

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Resumos (site: www.idae.es)

Eurostat (1999-2003) NewCronos. “Energy Statistics” (Portal da Comissão Europeia: www.europa.eu.int).

Agência Europeia do Ambiente (EEA) (2002) (Portal: www.eea.eu.int).

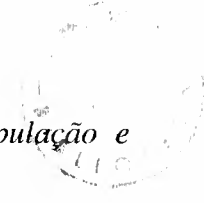
Agência Internacional de Energia (IEA) (Ed. 2003). “Renewables Information” OCDE.

Ministério da Economia - Direcção Geral de Energia (Dez. 2001). “Programa E4 - Eficiência Energética e Energias Endógenas”. Resolução do Conselho de Ministros n.º 154/2001 de 27 de Setembro.

CEEETA (2002), *Energia Portugal 2001*, Lisboa: Direcção Geral de Energia / Ministério da Economia.

Ministério da Economia - Direcção Geral de Energia (Fev. 2002). “Eficiência Energética nos Edifícios”.

Direcção-Geral de Energia, *Balanço Energético Nacional de 1998, 1999, 2000 e 2001*.



Instituto Nacional de Estatística (2001), *Recenseamento Geral da População e Habitação* (endereço electrónico: www.ine.pt)

Direcção-Geral de Energia (2003). “Relatório sobre a Definição de metas indicativas relativas à produção de electricidade a partir de fontes de energias renováveis (2002 – 2012)”.

Instituto Nacional de Meteorologia (2003). Informações sobre o clima (endereço electrónico: www.inm.pt).

Pena, A. (1997), *Roteiros da Natureza*, Lisboa

Instituto Nacional de Estatística (2001), *Recenseamento Geral da Agricultura* (endereço electrónico: www.ine.pt)

Direcção-Geral de Florestas (2003), *Incêndios Florestais 2003 - 9º Relatório Provisório* (endereço electrónico: www.dgf.min-agricultura.pt)

Direcção-Geral de Florestas (2001), *Inventário Florestal Nacional – 3ª Revisão*. (endereço electrónico: www.dgf.min-agricultura.pt)

Associação da Indústria Papeleira (2003) Boletim Estatístico (endereço electrónico: www.celipa.pt)

Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas (2001). (Portal:<http://www.min-agricultura.pt>)

INETI (2001). *Fórum das Energias Renováveis - Relatório Síntese*.

Tecinvest (1985). Relatório Florestais para a Produção de Energia em Portugal – Relatório Final. Direcção-Geral de Energia. Lisboa

Instituto dos Resíduos (1999). Plano Estratégico dos Resíduos Agrícolas – versão preliminar. Lisboa

INETI (2000), *Guia Técnico do Sector da Indústria da Madeira e do Mobiliário*, Plano Nacional de Prevenção de Produção de Resíduos Industriais, Lisboa: Instituto dos Resíduos.

Centro da Biomassa para a Energia (2002), *Elaboração do Estudo de Valorização de Resíduos Florestais em Concelhos da Cova da Beira e da Beira Interior Sul* (Resumo não técnico), Miranda do Corvo.

Quercus (2000). Relatório sobre resíduos florestais (Portal: www.quercus.pt)

Ortiz, L.; Pereira M. A. (2003?). Relatório Espanhol sobre Peletes e Briquetes, (Portal: www.sh.slu.se/indebif)

Ortiz, L.; Pereira M. A. (1994). “Energias Xilogeneradas”. Universidade de Vigo

Rodrigues, M^a. C., (2002) *Parâmetros a controlar*, Curso “Produção de Energia a partir de Biomassa para o Aquecimento de Edifícios”, Miranda do Corvo: Centro de Biomassa para a Energia.

Bernardo, J. (1991); “Modelo para o cálculo do poder calorífico inferior (PCI) da biomassa florestal”. *Revista Energia Solar* n^o 28 – Jun/Ago 1991

CEEETA (1995), *Combustion and Gasification of Agricultural Biomass Technologies and Applications*, Ref. UE Thermie BM/ 40.

Franco, C.; Cabrita, I.; Pinto, F.; Gulyurtlu, I. (2001) , *Tecnologias de Conversão Energética de Biomassa no País*. INETI – DEECA- Workshop Internacional Biomassa e Bioenergia, 15 e 16 Outubro 2001.

Centre for Biomass Tecnology (1999). “Wood for Energy Production. Tecnology-Environment – Economy”, Agência Dinamarquesa da Energia, 2ªEdição

Plano de Fomento das Energias Renováveis Espanhol (Portal: www.idae.es).

Collares-Pereira, M. (1998), *Energias Renováveis, a Opção Inadiável*, Lisboa: Sociedade Portuguesa de Energia Solar.

Ramage, J. (2003), *Guia da Energia*, Lisboa: Monitor – Projectos e Edições, Lda

Rede Industrial de Peletes de Madeira (2000), *Wood Pellets in Europe: State of Art, Technologies, Activities, Markets*, Ref. EU Thermie B Dis/2043/98 – AT, Ed. Umbera.GmbH.

The Centre for Biomass Technology (1999), *Wood for Energy Production-Technology, Environment, Economy*, 2ª Edição, Dinamarca: Agência Dinamarquesa da Energia

